

**EVALUACIÓN BIOECONÓMICA DE LA SUPLEMENTACIÓN CON  
PELLETS DE *Stylosanthes guianensis* SOBRE LA PRODUCCION Y  
CONSTITUYENTES DE LA LECHE EN VACAS EN PASTOREO EN  
LA ZONA NORTE DE COSTA RICA**

**LUIS FRANCISCO ALFARO BLANCO**

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía del Instituto  
Tecnológico de Costa Rica, como requisito para optar al grado de licenciado en  
Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2015**

**EVALUACIÓN BIOECONÓMICA DE LA SUPLEMENTACIÓN CON  
PELLETS DE *Stylosanthes guianensis* SOBRE LA PRODUCCIÓN Y  
CONSTITUYENTES DE LA LECHE EN VACAS EN PASTOREO EN  
LA ZONA NORTE DE COSTA RICA**

**LUIS FRANCISCO ALFARO BLANCO**

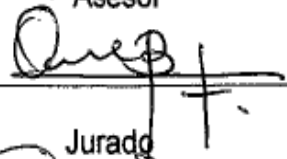
Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, MSc.



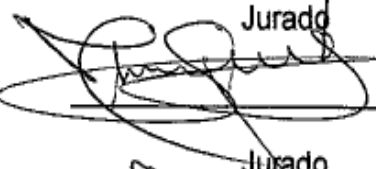
Asesor

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, MSc.



Jurado

Ing. Agr. Milton Villareal Castro, PhD.



Jurado

Ing. Agr. Carlos Ramirez, Dr.



Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, MSc.



Director

Escuela de Agronomía

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios haberme dado la oportunidad de estudiar esta carrera de Ingeniería en Agronomía, que con el presente documento, después de un largo proceso culmina en un gran éxito personal. Agradezco a Dios el tiempo durado, el cual me permitió compartir con muchas personas, amigos, compañeros, profesores; que hoy los llevo en el corazón, y las vivencias con ellos ayudaron a formar la persona que hoy soy.

Agradezco a mis padres, por brindarme la oportunidad de crecer en un hogar cristiano, lleno de amor y apoyo. Por formarme ética y moralmente, en especial por acercarme a la fe católica. A mis hermanos, Laura, José Emilio, Eduardo y Sofía, por acompañarme en este proceso y aguantarse a este hermano complicado y estresado que tienen.

A Edin José Valerio Rodríguez y Juan José Valerio Rodríguez, muy agradecido con ellos por el compromiso tan grande con la empresa y por todo el apoyo durante el proceso experimental, en la alimentación de los animales y en la toma de datos.

Agradezco al Ing. Luis Alberto Camero Rey, por la orientación y apoyo en la elaboración y culminación de este trabajo final de graduación.

Agradezco especialmente a Fernanda, gracias por el apoyo que me diste para reiniciar este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este triunfo a Dios, mi familia y a todas las personas que creyeron en mí y no me dejaron conformarme, me impulsaron a retomar y concretar este importante proyecto en mi vida.

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
TABLA DE CONTENIDOS .....	iii
LISTA DE CUADROS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
INDICE DE ANEXOS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUCCION .....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo General.....	2
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.2 Hipótesis de trabajo .....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Las pasturas como base alimenticia en el trópico.....	3
2.2 La suplementación como alternativa a las deficiencias de los forrajes .....	3
2.3 La actividad lechera en Costa Rica.....	4
2.4 Stylosanthes guianensis .....	5
2.5 Pellets de Stylosanthes guianensis.....	6
2.6 El papel de la fibra en el balanceo de dietas.....	7
3. MATERIALES Y METODOS.....	11
3.1 Localización física y temporal del estudio .....	11
3.2 Descripción de la empresa “Finca San Isidro” .....	11

3.2.1 Descripción de los elementos presentes en la dieta utilizada por la finca San Isidro .....	12
3.3 Caracterización de los alimentos balanceados a evaluar .....	15
3.4 Filosofía detrás de metodología utilizada para la conformación de los tratamientos .....	17
3.5 Tratamientos evaluados.....	17
3.5.1 Balance de las dietas utilizadas en cada uno de los tratamientos. ....	18
3.6 Selección del grupo experimental .....	22
3.7 Manejo de los animales .....	23
3.8 Definición del diseño experimental .....	23
3.9 Modelo Estadístico.....	24
3.10 Variables evaluadas.....	25
3.10.1 Producción de leche .....	25
3.10.2 Calidad nutricional de la leche .....	25
3.10.3 Análisis económico .....	25
3.11 Análisis estadístico de los datos .....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	28
4.1 Producción de Leche .....	29
4.1.1 Producción de Leche Ajustada a 4% de Grasa .....	31
4.2 Calidad Nutricional de la Leche .....	32
4.2.1 Comportamiento del Porcentaje de Solidos Totales en la Leche.....	32
4.2.2 Comportamiento del Porcentaje de Grasa en la Leche .....	34
4.2.3 Comportamiento del Porcentaje de Proteína en la Leche .....	35
4.2.4 Comportamiento del Porcentaje de Lactosa en la Leche .....	37
4.3 Análisis Económico.....	38
4.3.1 Presupuestos Parciales .....	39
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42

5.1 Conclusiones .....	42
5.2 Consideraciones Generales acerca del trabajo experimental .....	43
5.3 Recomendaciones .....	44
6. LITERATURA CITADA.....	45
ANEXOS .....	51

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Valor nutricional del concentrado Vap Feed y Predilecta (Dos pinos). ...	13
<b>Cuadro 2</b> Valores nutricionales de los elementos en común de la dieta. ....	14
<b>Cuadro 3</b> Valor nutricional del mineral utilizado en la dieta. ....	15
<b>Cuadro 4.</b> Valor nutricional de las fórmulas balanceadas Legumix Premium y Suplemento Alfa (Fudese semillas). ....	16
<b>Cuadro 5.</b> Requerimientos nutricionales del animal promedio en estudio y aporte de las dietas en cada uno de los tratamientos evaluados. ....	19
<b>Cuadro 6.</b> Composición de las dietas en cada uno de los tratamientos evaluados, tomando como base los requerimientos promedios de los animales al comenzar el estudio. ....	20
<b>Cuadro 7.</b> Aporte nutricional a la dieta de cada uno de los elementos que conforman los tratamientos. ....	21
<b>Cuadro 8.</b> Concentración de componentes fibrosos, energéticos y minerales en los tratamientos. ....	22
<b>Cuadro 9.</b> Horario y actividades para los animales bajo experimentación: ....	23
<b>Cuadro 10.</b> Resultados obtenidos al someter vacas lecheras en producción a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014. ....	28
<b>Cuadro 11.</b> Costos y rentabilidad al traducir económicamente los resultados obtenidos al someter vacas lecheras en producción a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014. ....	40



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Croquis de la distribución de tratamientos.....	24
<b>Figura 2.</b> Producción de leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balaceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.....	29
<b>Figura 3.</b> Producción de leche ajustada a 4% de grasa, de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balaceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014. ....	32
<b>Figura 4.</b> Concentración en porcentaje de sólidos totales contenidos en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balaceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.....	33
<b>Figura 5.</b> Concentración en porcentaje de grasa contenida en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balaceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014. ....	34
<b>Figura 6.</b> Concentración en porcentaje de proteína contenida en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balaceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014. ....	36
<b>Figura 7.</b> Concentración en porcentaje de lactosa contenida en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balaceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014. ....	37

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks modificado) .....	51
<b>Anexo 2</b> Prueba de Homocedasticidad (Contrastes de Levene) .....	51
<b>Anexo 3</b> Prueba de Aditividad .....	55
<b>Anexo 4</b> Análisis de Varianza por Modelos lineales generales y mixtos .....	57
<b>Anexo 5</b> Datos para el Análisis Estadístico. ....	63
<b>Anexo 6</b> Totalidad de datos Obtenidos en el trabajo experimental. ....	65
<b>Anexo 7</b> Reportes del balanceo de dietas por el software NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle v.1.1.9.....	71

## RESUMEN

Alfaro, L.F. 2015. Evaluación bioeconómica de la suplementación con pellets de *Stylosanthes guianensis* sobre la producción y constituyentes de la leche en vacas en pastoreo en la zona norte de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica ITCR.

**Palabras claves:** *S. guianensis*, pellets de *Stylosanthes*, producción de leche, composición de la leche, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, sólidos totales.

Se evaluó el efecto de la suplementación con dos concentrados pellets de *Stylosanthes guianensis* (Legumix Premium y Suplemento Alfa) versus dos concentrados comerciales (Vap-Feed y Predilecta) sobre la producción y calidad de la leche en vacas en pastoreo.

El estudio se realizó en la Finca San Isidro, propiedad de la familia Alfaro Blanco, ubicada en la localidad de San Isidro de Sucre, distrito Quesada, cantón de San Carlos en la provincia de Alajuela, localizada a una altura de 1384 msnm, temperatura promedio anual está entre los 18 y 24 °C, precipitación media entre los 2000 y 4000 mm anuales y clasificada como una zona de vida bosque muy húmedo pre-montano, transición a pluvial.

Se utilizaron nueve vacas distribuidas bajo un diseño sobre cambio en cuadrado latino repetido sin período extra, con tres cuadrados, tres vacas por cuadrado y tres períodos (21 días cada período, de los cuales 14 fueron de adaptación y 7 de mediciones). Para cada periodo, dentro de cada cuadrado, cada vaca recibió un tratamiento diferente.

Los resultados encontrados demostraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos para la producción de leche/vaca/día (17.36, 15.46 y 15.00 para Vap-Feed, Legumix Premium y Suplemento Alfa, respectivamente). Para la composición química de la leche, porcentaje de sólidos totales (ST), grasa (G) y lactosa (L), no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre el tratamiento Vap-Feed y pellet Legumix Premium (ST 13.56, G 4.55 y L 4.82% Vap-Feed y ST 13.12, G 4.22 y L 4.69% Legumix Premium, respectivamente). Para estas mismas variables se

encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ) entre los tratamientos a base de pellets de Stylosanthes (ST 13.12, G 4.22 y L 4.69% Legumix Premium y ST 13.92, G 4.87 y L 4.78% Suplemento Alfa, respectivamente). En cuanto al porcentaje de proteína se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos ( $p<0.05$ ) (Vap-Feed 3.76%; Legumix Premium 3.57% y Suplemento Alfa 3.79%, respectivamente).

El análisis económico de presupuestos parciales demostró que la suplementación con el tratamiento Vap-Feed fue superior en cuanto a la ganancia neta en un 29% y 28%, respectivamente a la suplementación con Legumix Premium y Suplemento Alfa (3724, 2629 y 2672 Colones/vaca/día para Vap-Feed, Legumix Premium y Suplemento Alfa, respectivamente).

## ABSTRACT

Alfaro, L. F. 2015. Bioeconomic assessment of supplementation with pellets of *Stylosanthes guianensis* over the milk production and constituents, in grazing cows in the northern of Costa Rica. Thesis Lic. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica ITCR.

**Keywords:** *S. guianensis*, *Stylosanthes* pellets, milk production, milk composition, milk fat contents, milk protein contents, milk solids contents.

This work evaluate the effect of supplementation with two concentrated pellets of *Stylosanthes guianensis* (Legumix Premium and Supplement Alpha) versus two commercial concentrates (Vap-Feed and Predilecta) over the milk production and milk quality of grazing cows.

The study was conducted in the San Isidro Farm's, owned by the Alfaro Blanco family, located in the town of San Isidro de Sucre, district of Quesada, canton of San Carlos in the province of Alajuela, at an altitude of 1384 meters above the sea level, the temperature average is between 18 and 24 ° C, rainfall between 2000 and 4000 mm and classified as life zone of high humidity forest pre-montane, transition to rain forest.

Nine cows were distributed under a change in design over repeated Latin square without extra period, with three squares, three cows per square and three periods (21 days each period, of which 14 were for adaptation and 7 measurements). For each period, within each square, each cow received different treatment.

The results showed statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between treatments for milk production / cow / day (17.36, 15.46 and 15.00 for Vap-Feed, Legumix Premium and Suplemento Alfa respectively) .For the composition of milk, percentage of total solids (TS), fat (F) and lactose (L), no significant differences ( $p > 0.05$ ) were found, between the Vap-Feed treatment and Legumix Premium treatment (TS 13.56, F 4.55 and L 4.82% Vap-Feed and TS 13.12, F 4.22 and L 4.69% Legumix Premium, respectively). For these variables statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between treatments based pellets of *Stylosanthes* were found (TS 13.12, F 4.22 and L 4.69% Legumix Premium and TS 13.92, F 4.87 and L 4.78% Suplemento Alpha,

respectively). In the percentage of protein, significant differences between all treatments ( $p < 0.05$ ) were found (Vap-Feed 3.76%; Legumix Premium 3.57% and 3.79% Suplemento Alfa respectively).

The partial budget economic analysis showed that supplementation with Vap-Feed treatment was higher income by 29% and 28%, respectively from the supplementation of Legumix Premium and Suplemento Alfa (3724, 2629 and 2672 colons / cow / day for Vap-Feed, Legumix Premium and Suplemento Alfa, respectively).

## 1. INTRODUCCION

Una de las principales problemáticas que se presentan en los países tropicales es la restricción en la disponibilidad y calidad de forraje, el cual es el factor aislado que más limita la producción de los rumiantes. Este problema se acentúa en la época seca donde la producción de las gramíneas, resulta insuficiente para cubrir los requerimientos alimenticios de los animales (Flores *et al.*, 1998).

La base forrajera de los sistemas de producción de leche, lo constituyen las gramíneas, generalmente con valores nutricionales bajos, por ello, los métodos de suplementación a utilizar deben estar dirigidos a ampliar las opciones de uso de ese recurso. La suplementación en pastoreo es una de las principales herramientas para la intensificación de los sistemas ganaderos regionales ya que permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de conversión de las pasturas, mejorar la ganancia de peso de los animales, aumentar la producción lechera y acortar los ciclos de crecimiento y engorde de bovinos (Peruchena, 1993).

El uso de alimentos balanceados (concentrados) es una de las formas más comunes de suplementación en la producción lechera en Costa Rica, los cuales son fabricados en base a maíz y soya entre otras materias primas, las cuales son importadas para este fin. Estos insumos al ser adquiridos en los mercados internacionales, y por la variabilidad de los precios que estos mercados poseen, en especial en los insumos en donde se compite con la alimentación humana, hacen que los costos de producción de los alimentos balanceados sea muy inestable, con una tendencia en los últimos años al alza (FAO, 2014).

En la búsqueda de sistemas de producción pecuaria sostenibles y como respuesta a la problemática anterior, se hace necesario investigar otras alternativas de materias primas para la fabricación de alimentos concentrados que suplan las deficiencias que las pasturas tropicales no llenan. Dentro de las posibles alternativas se encuentra *Stylosanthes guianensis* por su alto contenido proteico que varía entre 14% y 22% (Guodao *et al.*, 1997), citado por Chakraborty (2004). Ajayi *et al.* (2007), señalan que *Stylosanthes Guianensis* se presenta como una fuente importante para la suplementación de rumiantes si es adicionada a la dieta bovina de manera estratégica. También visto desde el marco económico al ser un recurso que

presenta la posibilidad de producirse localmente, representa una gran posibilidad de reducir costos de producción. A partir de estos antecedentes, se plantea la iniciativa del presente trabajo de investigación, con los siguientes objetivos:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

- Evaluar el efecto bioeconómico de la suplementación con pellets de *Stylosanthes guianensis* sobre la producción y calidad de la leche en vacas en pastoreo de la zona alta de San Carlos.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de la suplementación con dos fórmulas peletizadas con base en *Stylosanthes guianensis*, sobre la producción de leche (kg/vaca/día) en vacas en pastoreo.
- Evaluar el efecto de la suplementación con dos fórmulas peletizadas con base en *Stylosanthes guianensis*, sobre los componentes de la leche (grasa, proteína, lactosa, y sólidos totales) en vacas en pastoreo.
- Determinar la ventaja económica de la utilización de las fórmulas en base a *Stylosanthes guianensis* en comparación con la alimentación tradicional para vacas en pastoreo de la zona alta de San Carlos.

## **1.2 Hipótesis de trabajo**

- La alimentación con dietas balanceadas en donde se utilice la suplementación con las diferentes fórmulas de alimentos concentrados, tanto las hechas en base a *Stylosanthes guianensis* como las tradicionales, no presentan diferencias en la producción de leche ni en los contenidos de esta.
- La producción de Leche con alimentación en base a fórmulas hechas a partir de *Stylosanthes guianensis*, analizada desde el punto de vista económico, es más barata en comparación con la producción tradicional con alimentos balanceados hechos a base de granos importados.



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Las pasturas como base alimenticia en el trópico**

En el trópico, la base forrajera de los sistemas de producción de leche en bovinos, lo constituyen las gramíneas, generalmente con valores nutricionales bajos, por ello, los métodos de suplementación a utilizar deben estar dirigidos a ampliar las opciones de uso de ese recurso. La composición química de las gramíneas varía mucho entre especies, dependiendo principalmente del estado de madurez de la planta, de las condiciones climáticas y del tipo de suelo donde se encuentre. El consumo voluntario de estas se ve afectado por su estado de crecimiento, su valor nutritivo y el manejo que se le brinde a la pastura, en cuanto sistema de pastoreo, carga animal, fertilización y control de malezas (Lobo y Díaz, 2001).

Las principales restricciones de orden nutricional en los sistemas de producción bovina en el trópico están asociadas con cuatro factores: 1) reducción drástica estacional en la disponibilidad de forraje; 2) bajo consumo voluntario de materia seca en épocas de mayor oferta de forraje; 3) baja eficiencia de utilización de la energía metabolizable y 4) baja retención de nitrógeno dietético (Peruchana, 1999).

A un mismo estado fisiológico, los pastos tropicales tienen menores contenidos de proteína, mayores concentraciones de fracciones fibrosas, menos digestibilidad y menor índice de consumo que los pastos provenientes de las zonas templadas. Las altas temperaturas presentes en el trópico influyen en el aceleramiento de los procesos de maduración de los forrajes así como factores genéticos propios de la especie forrajera (Castro, 1999).

### **2.2 La suplementación como alternativa a las deficiencias de los forrajes**

En algunos casos el valor nutricional de la dieta básica en pastoreo es deficiente, de allí que el uso de la suplementación es una opción para satisfacer los requerimientos que necesitan los animales. La suplementación también es una herramienta para aumentar la capacidad de carga de los sistemas productivos, incrementando la eficiencia de utilización de las pasturas en sus picos de producción y aumentando el nivel de producción por unidad de superficie (kg/ha/año) (Leng, 1993). Así, también admite la intensificación de los sistemas

ganaderos regionales ya que permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de conversión de las pasturas, mejorar la ganancia de peso de los animales, aumentar la producción lechera y acortar los ciclos de crecimiento y engorde de los bovinos (Peruchena, 1993).

### **2.3 La actividad lechera en Costa Rica**

La actividad lechera en Costa Rica ha estado en constante crecimiento y desarrollo durante las últimas décadas (Vargas *et al.*, 2013). En el año 2011 se produjeron aproximadamente 966,3 millones de litros de leche procedentes de 16 125 hatos de lechería especializada y doble propósito (Camacho-Sandova, 2012; SEPSA, 2012). Esto representó un incremento del 1,5% con respecto al 2010. En el mismo año, la actividad lechera contribuyó con el 11,1% del valor agregado de las principales actividades primarias del sector agropecuario, siendo superada solamente por el café y el banano (SEPSA, 2012). El sector lechero integrado genera 200 000 empleos directos o indirectos (Camacho-Sandoval, 2012). Lo anterior, refleja el importante impacto que tiene esta actividad sobre el desarrollo rural, la generación de empleo y la seguridad alimentaria.

Los hatos lecheros de Costa Rica se ubican principalmente en zonas que van desde los 500 hasta los 2500 msnm con temperaturas promedio que oscilan entre los 18 y 30°C y niveles de precipitación que van desde los 500 hasta 3500 mm por año (Vargas *et al.*, 2013). Tradicionalmente, los sistemas de producción de leche en Costa Rica se han clasificado en tres grupos: las lecherías especializadas de altura, las lecherías especializadas de bajura y los hatos de doble propósito (Vargas-Leitón, 2000; González-Echeverría, 2013).

Vargas *et al.* (2013), desarrollaron un trabajo denominado “Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado” en donde como conclusión dividieron los hatos lecheros de Costa Rica en cinco diferentes tipología o estratos: 1. Lecherías especializadas extensivas de bajura. Este es el más grande e integra el 34,4% de los hatos. Los hatos de este conglomerado son mayormente lecherías especializadas de bajura pero extensivas, ubicadas mayormente en suelos de tipo andisol o inceptisol en zonas medias y bajas de San Carlos, Upala y Sarapiquí, donde las temperaturas son altas y las

precipitaciones cercanas a los 4000 mms anuales. 2. Lecherías especializadas semi-intensivas de altura. Este conglomerado integra un 25,2% de los hatos, corresponde a lecherías semi-intensivas con ganado especializado, ubicadas en suelos de tipo andisol en las zonas más altas de la Cordillera Volcánica Central, con menor temperatura y precipitaciones cercanas a los 2700 mm anuales. 3. Lecherías especializadas intensivas de bajura. Integra un 15,4% de los hatos y corresponde a lecherías intensivas con ganado especializado, ubicadas en suelos de tipo andisol o inceptisol en las zonas medias y bajas de San Carlos, Tilarán, Sarapiquí, donde las temperaturas son altas y las precipitaciones superiores a los 4000 mm anuales. 4. Lecherías de Doble Propósito de bajura. Integra el 17,4% de los hatos y es el que más difiere por estar conformado casi exclusivamente por hatos de doble propósito, con ganado no especializado producto de cruces *Bos indicus* x *Bos taurus*. 5. Lecherías especializadas intensivas de altura. Integra el 7,6% de los hatos y corresponden a lecherías intensivas altamente tecnificadas, generalmente establecidas sobre los 1600 msnm, con ganado puro especializado y con la mayor producción de sólidos por hectárea.

## **2.4 *Stylosanthes guianensis***

Económicamente hablando, *Stylosanthes* es una de las más importantes, leguminosas forrajeras en desarrollo y estudio, en las regiones tropicales del mundo. Se utiliza en una variedad de sistemas de alimentación que van desde el pastoreo, corta y acarreo del forraje fresco, hasta para secar y producir suplementos de alimentos, a partir de su forraje. Su contribución a las comunidades rurales proviene del valor nutricional añadido a los animales domesticados, tanto en pastoreos extensivos, en sistemas de corte y acarreo, así como en la adición de nitrógeno al suelo. Varias especies son de importancia comercial en Asia, África, Sur y Central América y Australia (Cameron y Chakraborty, 2004). Comúnmente llamado: Common stylo, stylo (Australia, Malaysia); alfalfa do nordeste (Brasil); alfalfa del Brazil (Colombia); tarbardillo (Venezuela); tropical alfalfa (Malaysia).

*Stylosanthes* es una planta erecta de crecimiento herbáceo perenne, que puede llegar a crecer hasta un metro de altura en promedio. Posee tallos velludos, y hojas trifoliadas que puede tener de 15 a 55 milímetros de largo y 7 a 13 milímetros de ancho, además posee flores amarillas. Sus raíces son de crecimiento profundo, por

lo que es muy utilizado por sus aptitudes de resistencia a la sequía y suelos poco fértiles (FAO, n.d.). Valarini M. y Possenti R. (2006), reportan valores nutricionales para *Stylosanthes Guianensis* de 90 días de maduración con proteína cruda de 17.9%, cenizas 6.8%, calcio 0.74%, fósforo 0.15%, magnesio 0.63%, potasio 2.3%, extracto etéreo 4.7%, FND 48.6%, FDA 37.1%, Celulosa 27.7%, Lignina 8.4%, DIVMS 57%.

Entre los diferentes usos que se le da al *Stylosanthes* se tiene, el pastoreo directo, o en asociación, como cultivo de corte para alimentar en fresco, para la producción de heno, para la producción de harina del forraje seco, como barbecho entre cultivos, como restaurador de suelos, como coberturas verdes, entre otros (Chakraborty , 2004). Posee muy buenas cualidades para la producción de heno, el cual puede llegar a poseer entre 14 y 19% de proteína cruda. Además de poder ser ensilado con la adición de melaza de forma fácil y adecuada (FAO. n.d.). Chakraborty (2004), comenta que en sistemas donde se usa *Stylosantes* asociado con otras pasturas para la producción de leche bajo pastoreo, se ha reportado aumento de 2kg de leche en promedio.

## **2.5 Pellets de *Stylosanthes guianensis***

Fudesemillas y Prisma Foundation son dos organizaciones sin ánimo de lucro, ubicadas en Costa Rica e Inglaterra respectivamente. El propósito de estas instituciones es ayudar a los pequeños agricultores a través del desarrollo de tecnología apropiada para agregar valor a productos rurales, así cerrando la brecha entre los pequeños productores y el consumidor final, a través del comercio local e comercio justo internacional (Prisma Foundation. n.d.).

En 1995, la fundación compró una Finca en Juntas del Pacuar, Pérez Zeledón, Costa Rica, a la cual llamó Santa Juana, en ella se ha desarrollado varios proyectos de bien social, entre ellos el proyecto de Alimentos Santa Juana, el cual busca desarrollar y comercializar la tecnología para producir pellets del follaje de leguminosas tropicales para la alimentación animal (Prisma Foundation. n.d.).

Fudesemillas estudió diferentes leguminosas para este propósito, y seleccionó la leguminosa *Stylosanthes guianensis*. Las líneas que se están sembrando han sido seleccionadas por su resistencia a enfermedades, alta producción y fijación de

nitrógeno en el suelo, demostrado por proyectos de investigación en Australia, Colombia y otros países (Prisma Foundation. n.d.).

El proceso industrial para la producción de pellets es relativamente sencillo, pero requiere maquinaria adaptada para la leguminosa en particular, y además debe ser muy eficiente en el uso de combustible, lo que requiere una inversión inicial grande (Prisma Foundation. n.d.).

## **2.6 El papel de la fibra en el balanceo de dietas**

La fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación del ganado lechero y rumiantes en general. Es indispensable para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia y mantener un pH ruminal adecuado que permita la buena salud y digestión. El contenido de fibra en la dieta se asocia con la composición de la leche, ya que por medio de su digestión se producen los principales precursores de la grasa láctea. Además, la calidad y cantidad de fibra consumida afectan la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que pueda aportar una ración. Así, la fibra tiene implicaciones importantes en las prácticas de alimentación del ganado lechero al afectar la salud, la producción y servir para estimar el contenido de energía de los forrajes y alimentos, así como el consumo voluntario (Cruz y Sánchez, n.d.).

Si se aumenta la densidad energética de la dieta mediante un incremento en las cantidades de los alimentos concentrados sacrificando las de fibra, podrían producirse problemas serios de salud ruminal debido a que la fermentación rápida de los carbohidratos no fibrosos (CNF) y el estímulo menor para la secreción de saliva, reducen el pH ruminal al incrementarse la producción de ácido láctico (Weiss, 1993, mencionado por Cruz y Sánchez, n.d ).

El primer síntoma que indica que la cantidad o la calidad del material fibroso es inadecuada es la disminución del masticado, lo que conlleva a una reducción de la secreción de sustancias tampón vía saliva, causando un declive en el pH ruminal. El pH del rumen no debe caer por debajo de 6,0 a 6,2, ya que si esto ocurre la degradación de la fibra por los microorganismos se reducirá, lo cual a su vez causa una depresión en la síntesis de la grasa láctea. (Pereira et al., 1999).

La mayor parte de la FDN en la dieta debe provenir de los forrajes, los cuales deben poseer un tamaño de partícula adecuado para mantener la función ruminal. La FDN de los alimentos concentrados por lo general es más digestible que la FDN del forraje y la mayoría de los concentrados poseen un tamaño de partícula muy pequeño para estimular el masticado y la rumia (Cruz y Sánchez, n.d.).

Para que la producción de leche sea óptima en cantidad y calidad, los procesos de fermentación ruminal deben producir los ácidos grasos en cantidades y proporciones adecuadas, lo cual se logra mediante el balance de las dietas por su contenido y calidad de carbohidratos. La cantidad y relación de los ácidos grasos volátiles pueden alterar el metabolismo y distribución de nutrimentos. Si la producción de ácido acético se ve disminuida con respecto al ácido propiónico, la producción de grasa láctea se verá deprimida, mientras que si ocurre lo contrario la producción de glucosa se reduce, influyendo negativamente sobre el volumen de leche producida (Mertens, 1992 mencionado por Cruz y Sánchez, n.d.).

Para que la grasa láctea se deprima son necesarias dos condiciones: la presencia de un sustrato graso insaturado en el rumen y la alteración en el ambiente ruminal causado por niveles bajos de fibra, lo cual impide la biohidrogenación completa de la grasa (Griinari et al., 1998).

Pocos nutricionistas discreparían sobre la necesidad de que las dietas de los animales de lechería tengan una cantidad mínima de fibra para mantener un rumen con un funcionamiento óptimo. Un tema más polémico en prácticas de alimentación es la cantidad de fibra que deben tener las raciones para obtener una buena producción de leche en cantidad y calidad. Si las dietas no aportan cantidades suficientes de fibra, los animales producirán una cantidad de leche más baja y la misma tendrá un porcentaje de grasa menor, lo cual se debe a la depresión que ocurre en el pH ruminal y en el consumo de MS. Así mismo, si las dietas contienen cantidades excesivas de fibra la producción de leche se reducirá, ya que la fibra se correlaciona negativamente con la digestibilidad de la MS y el aporte de energía dentro de una misma clase de alimento. Las dietas con excesos de fibra también tienen un efecto negativo sobre el consumo voluntario (Weiss, 1993 mencionado por Cruz y Sánchez, n.d.).

El porcentaje mínimo de forraje que debe contener una dieta es de 40 a 50%, para evitar una disminución en el porcentaje de grasa. Si se alimenta con más de 65 % de forraje en una ración, la calidad de éste debe ser alta para evitar deficiencias de energía que afecten el porcentaje de proteína en la leche (Grant, 1990).

La producción de leche está influenciada por el consumo de MS y éste a su vez por la calidad nutritiva del forraje. En el trópico los animales rara vez consumen cantidades de forraje superiores al 2% de su peso vivo, debido a la baja digestibilidad y contenido alto de FDN en los mismos. Para lograr consumos superiores al 2% los forrajes deben contener entre 54 y 60% de FDN, sin embargo frecuentemente los forrajes utilizados en el trópico poseen valores superiores. Por el contrario, los forrajes de clima templado pueden sustentar consumos altos de MS de buena calidad y producciones hasta de 20 kg de leche por día (Campabadal, 2000 mencionado por Cruz y Sánchez, n.d.).

Cruz y Sánchez, (n.d.) mencionando a Roseler, (1998) comentan que dietas ricas en FDN y de baja densidad energética reducen el consumo de MS por efecto de un llenado físico. Por el contrario contenidos bajos de FDN y contenidos altos de energía regulan el consumo al satisfacerse el requerimiento de energía.

También el contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos, ya que esta fracción contiene componentes de la pared celular como la lignina que inhiben la acción de los microorganismos ruminales para la degradación de la misma (Linn y Martin, 1993; Weiss, 1998 y 1999 mencionados por Cruz y Sánchez, n.d.).

Las condiciones ambientales en las que crecen los forrajes de climas tropicales y la selección genética a la cual fueron sometidos para lograr una mayor producción de biomasa, hacen que éstos tengan cantidades mayores de estructuras de protección, tales como la FDA, la cual a su vez se correlaciona negativamente con la digestibilidad de la MS (Cruz y Sánchez, n.d. mencionando a Linn y Martin, 1993; Combs et al., 2000).

Sánchez y Soto (1998) al analizar diferentes especies forrajeras tropicales observaron que los forrajes de piso que presentaron los valores mayores de FDA, correspondieron a los pastos que contenían las concentraciones menores de

energía y que el pasto con menor porcentaje de FDA presentó la densidad energética mayor.

El NRC (1989) informa que las raciones para el ganado lechero deben contener entre 19% de FDA en los animales de alta producción hasta 27% en las vacas secas. En relación con la FDN, estos valores oscilan entre 25 y 35%, respectivamente. Chase y Sniffen (1991) mencionados por Cruz y Sanchez (n.d.) sugieren que la ración total debe contener entre 30 y 40% de carbohidratos no fibrosos. Si los carbohidratos de la dieta son de rápida fermentación tanto el valor mínimo como el máximo deben ser menores para evitar una acidosis.

Debido a la relación directa que existe entre el forraje y el flujo de saliva y la relación inversa entre la fibra y la producción de ácidos grasos dentro del rumen, Weiss (1993), mencionado por Cruz y Sánchez (n.d.) ha establecido requerimientos mínimos de fibra: Muy alta producción, >45 kg / día, FDN 26% de MS; Alta producción, 32 - 45 kg / día, FDN 28% de MS; Mediana producción, 20 - 32 kg / día, FDN 32-33% de MS; Baja Producción, < 20 kg / día, FDN 39% de MS



### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización física y temporal del estudio**

El estudio se realizó en la Finca San Isidro, propiedad de la familia Alfaro Blanco, ubicada en la localidad de San Isidro de Sucre, distrito Quesada, cantón de San Carlos en la provincia de Alajuela; a una altura de 1384 m.s.n.m. y 10° 16' 4.6" latitud norte, -84° 24' 6.7" longitud este. De acuerdo con Bolaños (2005) y Holdridge (1982), la finca se encuentra ubicada dentro de la clasificación de zonas de vida, como bosque muy húmedo pre-montano, transición a pluvial. La temperatura promedio anual está entre los 18 – 24 °C. Las precipitaciones pluvial media varía entre los 2000 y 4000 mm anuales.

La parte experimental del estudio se llevó acabo del 15 de septiembre del 2014 al 14 de noviembre del 2014.

#### **3.2 Descripción de la empresa “Finca San Isidro”**

La Finca San Isidro, es una empresa familiar propiedad de Don Luis Ángel Alfaro Vargas y Doña María de los Ángeles Blanco Alfaro. Ubicada en San Isidro de Sucre, se dedica principalmente a la producción láctea y en menor escala a la industria forestal.

Posee un hato total de 147 animales de los cuales, 85 son vacas en producción, 15 vacas secas en descanso y 47 remplazos de diferentes edades. El hato consiste en su mayoría de animales de la raza Jersey, en aproximadamente un 85%, el restante 15% lo conforman animales cruzados en diferentes proporciones, con las razas, Holstein, Ayrshire, Montbeliarde y Rojo Danes; esto debido a una etapa de prueba de cruzamientos en la cual se involucró la empresa en el pasado. En la actualidad la empresa se dedica exclusivamente al cruzamiento con padrotes de la raza Jersey.

La finca por su topografía, principalmente laderas, se encuentra dividida en dos zonas o subunidades de producción, la principal en donde se ordeñan aproximadamente dos tercios del hato, y la secundaria en donde se ordeña el restante. El hato se maneja como uno solo, por lo que en la subunidad principal, se mantienen las vacas prontas, las vacas recién paridas, y se conservan hasta que los

animales en producción estén preñados y confirmados por palpación veterinaria. Faltado aproximadamente 60-90 días para el secado se trasladan a la subunidad secundaria en donde se mantienen en ordeño hasta que sea el momento del secado, también acá se mantienen las vacas secas durante la primer mitad del periodo de descanso.

La filosofía de producción de la empresa, se centra en la alimentación de sus animales con forrajes de alta calidad por medio del pastoreo rotacional, utilizando dos repastos diarios de, uno después de cada ordeño. La rotación de los repastos es de 32 días de descanso más 2 días de ocupación, estos dos días de ocupación debido a que el día después de alimentar se las vacas de ordeño (primer día), se alimentan en los mismos apartos las vacas secas (segundo día de ocupación). Las pasturas utilizadas para esta rotación están conformadas por una mezcla entre pasto san juanillo (*Setaria sphacelata*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), y pastos kikuyo (*Chloa clandestinum* anteriormente *Pennisetum clandestinum*).

Además del pastoreo, se suplementa a los animales en canoa, con una combinación de fuentes fibrosas (pasto de corta somagado y heno de arroz) y alimentos balanceados (Vap-Feed y Predilecta marca Dos Pinos), los cuales les permiten llenar sus requerimientos nutricionales de forma balanceada.

### **3.2.1 Descripción de los elementos presentes en la dieta utilizada por la finca San Isidro**

Al momento de la realización del estudio, la dieta seguida por la empresa estaba compuesta por diferentes elementos los cuales describiremos a continuación.

#### **3.2.1.1 Vap-Feed (Dos Pinos)**

Este alimento balanceado representa el concentrado de producción utilizado en la empresa, se usa en diferentes relaciones (leche/concentrado) de acuerdo a los días de lactancia de los animales y en relación a la producción de leche.

De acuerdo con la Ficha Técnica de Alimentos Balanceados (Dos Pinos, n.d.-a), el alimento balanceado Vap-Feed, está elaborado con materias primas como, destilados de maíz, maíz y harina de soya principalmente, además afirma que es apropiada para utilizarse en explotaciones con ganado de alto potencial genético.

Se recomienda suministrar con la producción de leche en una relación general de entre 2.5 a 3:1 leche: concentrado y de ser posible basado en un balance nutricional. En el Cuadro 1 se presentan los valores nutricionales del concentrado Vap-Feed.

**Cuadro 1.** Valor nutricional del concentrado Vap Feed y Predilecta (Dos pinos).

Constituyente	Vap Feed	Predilecta
Materia Seca (%)	88.00	89.90
Proteína Cruda (%)	16.00	16.00
Energía Digestible (kcal/kg)	3400	3200
Energía Neta Lactancia (kcal/kg)	1850	1700
Fibra detergente neutra (%)	20.45	31.00
Fibra detergente acida (%)	11.36	14.70
Grasa (%)	6.02	2.00
Calcio (%)	0.80	0.80
Fosforo (%)	0.60	0.90

Información Nutricional Reportada por Dos Pinos.

### 3.2.1.2 Predilecta (Dos Pinos)

El formula concentrada Predilecta, se utiliza como base en la alimentación de los animales en producción. Este alimento se presenta como una formula con 16% de proteína pero con mayor contenido de fibras que el Vap-Feed. Este se administra en una proporción fija de 2kg de alimento por animal por día.

La Ficha Técnica de Alimentos Balanceados (Dos Pinos, n.d.-a), describe el alimento balanceado Predilecta. Está elaborado con materias primas como, destilados de maíz, maíz y harina de soya principalmente, además de cascarilla de soya, harina de coquito, entre otros elementos. En el Cuadro 1 se presentan los valores nutricionales de este alimento concentrado.

### 3.2.1.3 Pastoreo rotacional

Como mencionamos con anterioridad finca, cuenta con un sistema de pastoreo rotacional de 32 días de descanso y dos días de ocupación en potreros de 3000 m<sup>2</sup> (en el caso de la subunidad productiva principal, en donde se llevó acabo el estudio), constituidos principalmente por pasto San Juanillo (*Setaria sphacelata*), y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), y algunos parches de pasto Kikuyo (*Chloa*

*clandestinum* anteriormente *Pennisetum clandestinum*). Los contenidos nutricionales de este alimento, de acuerdo con análisis bromatológico realizado por el laboratorio de la planta de concentrados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2** Valores nutricionales de los elementos en común de la dieta.

Constituyente	Pastoreo	Pasto Somagado	Heno Arroz	Melaza
Materia Seca (%)	18.00	39.30	87.44	76.30
Proteína Cruda (%MS)	17.40	8.00	7.91	3.80
Energía Digestible (kcal/kg)	2770	2200	2380	3640
Energía Neta Lactancia (kcal/kg)	1460	1060	1180	2080
Fibra detergente neutra (%MS)	59.00	69.00	70.00	0.20
Fibra detergente acida (%MS)	29.00	38.00	45.54	0.10
Grasa (%MS)	2.21	1.84	2.02	2.40
Cenizas (%MS)	12.42	12.50	9.46	9.66
Calcio (%MS)	-	-	-	0.97
Fosforo (%MS)	-	-	-	0.07

Información Nutricional Reportada por análisis bromatológicos elaborados por el Laboratorio de Alimentos Balanceados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, además de información de la melaza de caña reportada por Vargas (1984).

#### **3.2.1.4 Heno de Arroz y Pasto Somagado**

Además del pastoreo y los alimentos balanceados, todos los animales en producción reciben 1 kg de heno de arroz, como fibra tosca y 2 kg de pasto de corta somagado de pasto Tanner (*Brachiaria radicans*). Esto con el fin de aumentar la fibra tosca que los animales consumen. Los contenidos nutricionales de estos alimentos, de acuerdo con análisis bromatológicos realizados por el laboratorio de la planta de concentrados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, se presentan en el Cuadro 2.

#### **3.2.1.5 Melaza de Caña**

Como elemento para aporte de energía en la dieta, se utiliza la melaza de caña de azúcar, la cual se suministra en una relación de 0,5 kg de melaza/animal/día. Los contenidos nutricionales promedio de este alimento, de acuerdo con Vargas (1984) se presentan en el Cuadro 2.

### 3.2.1.6 Formula de Minerales

La fórmula mineral y vitamínica de Pecutrin Plus es la utilizada por la empresa para los animales en producción. Está diseñada para animales genéticamente superiores y altamente productivos que requieren de un suplemento mineral con mayor biodisponibilidad de los minerales traza (Bayer, n.d.). Este se utiliza como aporte de minerales esenciales y vitaminas para las dietas de los animales, se suministra en una dosis de 120 gramos diarios por animal. En el Cuadro 3 se presenta sus contenidos nutricionales.

**Cuadro 3** Valor nutricional del mineral utilizado en la dieta.

Constituyente	Pecutrin Plus
Materia Seca (%)	94.00
Cenizas (%MS)	100.00
Calcio (%MS)	23
Fosforo (%MS)	18
Magnesio (%MS)	3.00
Cobre (mg/kg)	2000.00
Iodo (mg/kg)	50.00
Hierro (mg/kg)	500.00
Manganeso (mg/kg)	1500.00
Selenio (mg/kg)	70.00
Zinc (mg/kg)	8000
Vit-A (1000 IU/kg)	800
Vit-D (1000 IU/kg)	50
Vit-E (IU/kg)	100

Más detalles del balance nutricional detallado de la dieta oficial de la finca San Isidro se muestran más adelante en la sección Balance de las dietas utilizadas en cada uno de los tratamientos.

### 3.3 Caracterización de los alimentos balanceados a evaluar

Además del Vap-Feed y el Predilecta presentados y caracterizados con anterioridad, ya que constituyen parte de la dieta normal de la finca, se evaluaron dos formula peletizadas, elaboradas a partir del material vegetativo de la leguminosa *Stylosanthes guianensis*, las cuales se presentan a continuación.

### 3.3.1. Legumix Premium (Fudesemillas)

Legumix Premium es una formula balanceada desarrollada por Fudesemillas, a partir de *Stylosanthes guianensis* en un 58%, además de maíz molido, harina de soya, destilados de maíz, y aceite vegetal. Se lo recomienda para todo tipo de animal que puede consumir forraje, y que necesita alta energía. En el Cuadro 4 se presentan los valores nutricionales para Legumix Premium.

**Cuadro 4.** Valor nutricional de las fórmulas balanceadas Legumix Premium y Suplemento Alfa (Fudesemillas).

Constituyente	Legumix Premium	Suplemento Alfa
Humedad (%)	9	10
Proteína Cruda (%)	15.64	18.68
Fibra detergente acida (%)	33.90	39.07
Fibra detergente neutra (%)	43.30	51.02
Fibra Cruda (%)	25.80	24.18
Grasa (%)	9.94	2.28
Calcio (%)	1.57	1.08
Fosforo (%)	0.43	0.36
Magnesio (%)	0.24	0.29
Potasio (%)	1.48	2.85
Sodio (%)	0.05	0.005
Hierro (ppm)	435	611
Zinc (ppm)	35.42	40.00
Cobre (ppm)	11.81	14.23
Manganeso (ppm)	40.34	116.65
Molibdeno (ppm)	0.39	0.38
Energía Digestible (kcal/kg)	3200	2200

Información Nutricional Reportada en Etiquetas por Alimentos Santa Juana (Fudesemillas).

### 3.3.2 Suplemento Alfa (Fudesemillas)

Suplemento Alfa es un producto desarrollado por Fudesemillas, este es elaborado a partir de *Stylosanthes Guianensis* en un 100%. Este producto es el resultado del secado y peletizado del forraje de la leguminosa *Stylosanthes Guianensis*. Puede ser utilizado como suplemento para diferentes dietas animales. En el Cuadro 4 se presentan los valores nutricionales para Suplemento Alfa.

### **3.4 Filosofía detrás de metodología utilizada para la conformación de los tratamientos**

Para la elección de la filosofía con que iban a ser comparados los diferentes tratamientos, se tomó como base una situación que sucede muy comúnmente entre los productores de leche y los técnicos en nutrición animal; en muchas ocasiones al productor llegan diferentes productos que podrían ser utilizados en la alimentación de su hato productivo, y en el mejor de los casos el productor se acerca a técnico consultando sobre el posible desempeño que el nuevo material podría tener en la nutrición de sus animales. El técnico evalúa la dieta tradicional del hato productivo, y tomando como base esta evaluación, utiliza el nuevo ingrediente como complemento de la dieta actual o como sustituyente de algún elemento, al final compara las evaluaciones y comparte lo encontrado al productor.

En estas simulaciones con elementos nuevos, lo mínimo que se busca es que con el elemento nuevo por lo menos se produzca los mismos niveles productivos que con la dieta tradicional se estaban obteniendo, por lo cual el técnico trata de evaluar el desempeño del nuevo elemento de la dieta con el objetivo de obtener los mismos niveles de producción para por último evaluar si la modificación traería un mayor beneficio económico.

Bajo esta premisa es que se basa la ideología para la elaboración de las dietas de los tratamientos que se presentan a continuación.

### **3.5 Tratamientos evaluados**

Para el presente trabajo se desarrollaron tres dietas las cuales se expresan como tratamientos evaluados:

- Tratamiento A: Consiste en la dieta normal que recibe el hato (descrita en detalle en los apartados anteriores), una base de 2kg de Predilecta más Vap-Feed en relación 3,25:1 (1kg de concentrado por cada 3,25 litros de leche), además del pastoreo y los elementos extra en canoa, en proporciones descritas en el siguiente apartado.

- Tratamiento B: Una dieta en la que incluye la suplementación con Legumix Premium (formula hecha en base de forraje seco de *Stylosanthes guianensis*, el cual pose 15,64% de proteína cruda y 3200 kcal/kg de Energía Digestible) en relación 3,1:1 (1kg de Legumix Premium por cada 3,1 litros de leche), como sustituto del Vap-Feed utilizado en el tratamiento A testigo, además de la base de 2kg de Predilecta, del pastoreo y los elementos extra en canoa, en proporciones descritas en el siguiente apartado.
- Tratamiento C: Dieta que utiliza la suplementación con Suplemento Alfa (formula hecha en 100% a base de forraje seco de *Stylosanthes guianensis*, el cual pose 18,68% de proteína cruda y 2200 kcal/kg de Energía Digestible), este se utilizó como sustituto del concentrado base Predilecta (2.6kg de Suplemento Alfa, remplazaron los 2kg de Predilecta). Además de Vap-Feed en relación 2,5:1 (1kg de Vap-Feed por cada 2,5 litros de leche), además del pastoreo y los elementos extra en canoa, en proporciones descritas en el siguiente apartado.

Para la elaboración de las dietas que representan cada tratamiento se utilizó como parámetro que todas ellas fueran balanceadas en forma Iso-Energética e Iso-Proteica mente, utilizando el software de balaceo de raciones del NRC (2001).

### **3.5.1 Balance de las dietas utilizadas en cada uno de los tratamientos.**

Para la elaboración del balance de cada una de las dietas evaluadas en cada tratamiento, se tomó como base los valores promedio entre los animales a estudiar al inicio del experimento, para determinar los requerimientos nutricionales con los cuales se realizaría el balance Iso-Energético e Iso-Proteico de las dietas.

Las características de la vaca promedio del estudio se describen de la siguiente manera: Peso 423kg; Edad 3.3 lactancias; Días en lactancia 100; Días de preñes 55; Producción promedio 18kg; Porcentaje de grasa 4.4%; Porcentaje de Proteína 3.7%; Porcentaje de Lactosa 4.7%.



Estas características fueron utilizadas en el programa del NRC para calcular los requerimientos del animal, y así balancear las dietas en cada uno de los tratamientos. En el Cuadro 5 se muestran los requerimientos de energía y proteína del animal promedio, además de las cantidades suplidas en cada una de las dietas ya balanceadas referentes a cada tratamiento evaluado. Más detalle de estos valores se encuentra en el Anexo 7, en los reportes del balanceo de las dietas del programa del NRC.

En el Cuadro 5 se muestra como las dietas (tratamientos), son balanceadas tanto Iso-Energéticas, desde el punto de vista de Energía Neta de Lactancia e Iso-Proteicas desde el punto de vista de Proteína Metabolizable.

**Cuadro 5.** Requerimientos nutricionales del animal promedio en estudio y aporte de las dietas en cada uno de los tratamientos evaluados.

Requerimientos Nutricionales	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C	
	ENL	PM	ENL	PM	ENL	PM
	(Mcal/día)	(g/día)	(Mcal/día)	(g/día)	(Mcal/día)	(g/día)
Mantenimiento	8.1	548	8.1	547	8.1	548
Lactancia	14.3	994	14.3	994	14.3	994
<b>Total Requerido</b>	22.4	1542	22.4	1541	22.4	1542
<b>Total Suplido</b>	23.4	1547	23.7	1543	23.4	1543
<b>Balance</b>	1	6	1.3	2	1	1

La composición de las dietas se muestra en el Cuadro 6, en cada uno de los tratamientos, tomando como base los valores promedio de los animales a inicio del estudio. Se presenta la información, tanto en valores de materia seca, como en kilogramos de alimento en fresco, de cada uno de los elementos (alimentos), que conforman las dietas. Como se muestra en el Cuadro 6, los elementos variantes en las dietas son las combinaciones de alimentos balanceados, los restantes elementos se mantuvieron constantes para que el efecto de los tratamientos fuera debido a la modificación de los alimentos balanceados.

El caso del pastoreo, como en este elemento no hay control del consumo por cada uno de los animales, se asumió que este elemento se ofrece a libre consumo por lo que se toma como supuesto que el animal lo consume hasta llenar la totalidad del consumo de materia seca predicho por el programa del NRC.

**Cuadro 6.** Composición de las dietas en cada uno de los tratamientos evaluados, tomando como base los requerimientos promedios de los animales al comenzar el estudio.

Nombre del Alimento	Tratamiento A			Tratamiento B			Tratamiento C		
	kg/día	kg/día	%	kg/día	kg/día	%	kg/día	kg/día	%
	(Materia Seca)	(Como Alimento)	(Materia Seca)	(Materia Seca)	(Como Alimento)	(Materia Seca)	(Materia Seca)	(Como Alimento)	(Materia Seca)
Vap-Feed	4.84	5.50	32.32	--	--	--	6.30	7.16	42.10
Predilecta	1.80	2.00	12.01	1.80	2.00	12.02	--	--	--
Legumix Premium	--	--	--	5.10	5.60	34.08	--	--	--
Suplemento Alfa	--	--	--	--	--	--	2.34	2.60	15.64
Pasto Somagado	0.79	2.00	5.25	0.79	2.00	5.25	0.79	2.00	5.26
Melaza	0.38	0.50	2.55	0.38	0.50	2.56	0.38	0.50	2.55
Pastoreo	6.18	29.43	41.27	5.91	28.14	39.49	4.17	19.86	27.86
Minerales Pecutrin Plus	0.11	0.12	0.75	0.11	0.12	0.76	0.11	0.12	0.75
Heno de Arroz	0.87	1.00	5.84	0.87	1.00	5.84	0.87	1.00	5.84
Consumos	14.97	40.55	100	14.96	39.36	100	14.96	33.24	100

El Cuadro 7, presenta el aporte nutricional de cada uno de los elementos a las dietas, se muestra como los tres tratamientos son muy similares en el aporte de energía y proteína total de las dietas, el cual fue el objetivo buscado en el balance de las raciones realizado.

**Cuadro 7.** Aporte nutricional a la dieta de cada uno de los elementos que conforman los tratamientos.

<b>Tratamiento A</b>									
Nombre Alimento	CMS	TND	EM	EN-L	EN-G	PC	PDN	PDR	FND
	(kg/día)	(g/día)	(Mcal/día)	(Mcal/día)	(Mcal/día)	(g/día)	(g/día)	(g/día)	(kg/día)
Vap-Feed Dos Pinos	4.8	4086	15.1	9.8	7	816	439	377	1
Predilecta Dos Pinos	1.8	1281	4.6	2.9	2	288	167	121	0.6
Pasto Somagado	0.8	393	1.3	0.8	0.3	63	13	50	0.5
Melaza-Dos Pinos	0.4	327	1.1	0.7	0.5	15	3	12	0
Pastoreo	6.2	3696	13.4	8.2	5.1	1199	196	1003	3.6
Minerales Pecutrin Plus	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
Heno de Arroz	0.9	476	1.6	0.9	0.5	69	13	56	0.6
<b>Total :</b>	<b>15</b>	<b>10258</b>	<b>37.1</b>	<b>23.4</b>	<b>15.4</b>	<b>2449</b>	<b>830</b>	<b>1619</b>	<b>6.3</b>
<b>Tratamiento B</b>									
Nombre Alimento	CMS	TND	EM	EN-L	EN-G	PC	PDN	PDR	FND
	(kg/día)	(g/día)	(Mcal/día)	(Mcal/día)	(Mcal/día)	(g/día)	(g/día)	(g/día)	(kg/día)
Legumix Premium	5.1	4205	15.7	10.3	7	798	428	370	2.2
Predilecta Dos Pinos	1.8	1281	4.7	3	2	288	166	122	0.6
Pasto Somagado	0.8	393	1.3	0.8	0.3	63	13	50	0.5
Melaza-Dos Pinos	0.4	328	1.2	0.7	0.5	15	3	12	0
Pastoreo	5.9	3534	12.7	8	4.9	1220	188	1032	3.5
Minerales Pecutrin Plus	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
Heno de Arroz	0.9	476	1.6	1	0.5	69	13	56	0.6
<b>Total :</b>	<b>15</b>	<b>10217</b>	<b>37.1</b>	<b>23.7</b>	<b>15.2</b>	<b>2453</b>	<b>811</b>	<b>1642</b>	<b>7.4</b>
<b>Tratamiento C</b>									
Nombre Alimento	CMS	TND	EM	EN-L	EN-G	PC	PDN	PDR	FND
	(kg/día)	(g/día)	(Mcal/día)	(Mcal/día)	(Mcal/día)	(g/día)	(g/día)	(g/día)	(kg/día)
Vap-Feed Dos Pinos	6.3	5318	19.7	12.8	9.1	1062	572	490	1.3
Suplemento Alfa	2.3	1238	4.3	2.6	1.4	437	76	361	1.2
Pasto Somagado	0.8	394	1.3	0.8	0.3	63	13	50	0.5
Melaza-Dos Pinos	0.4	327	1.1	0.7	0.5	15	3	12	0
Pastoreo	4.2	2494	9.1	5.6	3.4	809	132	677	2.5
Minerales Pecutrin Plus	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
Heno de Arroz	0.9	476	1.6	0.9	0.5	69	13	56	0.6
<b>Total :</b>	<b>15</b>	<b>10246</b>	<b>37.1</b>	<b>23.4</b>	<b>15.2</b>	<b>2455</b>	<b>809</b>	<b>1646</b>	<b>6.1</b>

Por último el Cuadro 8, muestra la concentración de las diferentes fibras, carbohidratos no fibrosos, y otros elementos que son importantes para el análisis de las dietas a evaluar.

**Cuadro 8.** Concentración de componentes fibrosos, energéticos y minerales en los tratamientos.

Concentraciones de la Dietas	Unidades	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C
Fibra Neutro Detergente	% MS	42.4	49.5	40.7
Forraje FND	% MS	32.1	31	32.1
Fibra Acido Detergente	% MS	22.1	29.4	23.6
Proteína Cruda	% MS	16.33	16.35	16.37
Carbohidrato no fibrosos	% MS	29.1	20.7	31
Energía Metabolizable	Mcal/kg MS	2.48	2.48	2.48
Energía Neta de Lactancia	Mcal/kg MS	1.56	1.56	1.56
Energía Neta de Ganancia de peso	Mcal/kg MS	1.03	1.02	1.02
Calcio	% MS	0.8	1.1	0.9
Fosforo	% MS	0.6	0.6	0.6
Extracto Etéreo	% MS	3.4	4.8	3.8

### 3.6 Selección del grupo experimental

Para efecto de valorar la respuesta de los diferentes tratamientos se utilizaron nueve vacas en producción ubicadas en tres grupos de tres vacas cada uno, seleccionadas de manera tal que presentaran la mayor homogeneidad posible dentro de los grupos. Para tal efecto se consideraron los siguientes aspectos para la escogencia de los animales:

- **Período de lactancia:** Del hato en producción, se seleccionaron vacas que se encontraban después del pico de lactancia (entre los 75 y 150 días después del parto).
- **Glándula mamaria:** Cada animal debió presentar una glándula mamaria normal y totalmente funcional. Se realizaron muestreos para conteo de células somáticas, para comprobar que los animales se encontraran sin ningún rastro de mastitis.
- **Raza:** Para propiciar la homogeneidad, se seleccionaron vacas con las menores diferencia raciales, en el caso del hato a utilizar se procuró animales todos puros raza Jersey.

- **Peso:** Se escogieron los animales propiciando que los diferentes grupos estuvieran compuestos por animales de distintos pesos pero de modo que las diferencias entre grupos fueran mínimas.

### 3.7 Manejo de los animales

Las vacas pastorearon en dos repastos de 3000 m<sup>2</sup> al día, uno después del ordeño de la mañana y otro después del ordeño de la tarde.

La cantidad de concentrado ofrecido a los animales estuvo en función de los diferentes tratamientos preestablecidos (Cuadro 6) y regidos en un horario establecido, el cual se muestra en el Cuadro 9.

Además se dosificaron los restantes elementos de las dietas, heno de arroz, pasto somagado y la melaza de caña, en las proporciones calculadas en el balance de las dietas, como se mostró en el Cuadro 6.

**Cuadro 9.** Horario y actividades para los animales bajo experimentación:

Hora	Actividad
1:30 am - 4:30 am	Ordeño y suministro de 50% de los tratamientos asignados.
4:30 am -10:00 am	Pastoreo
10:00 am -1:30 pm	Suministro del restante 50% de los tratamiento asignados
1:30 pm - 3:00 pm	Ordeño
3:00 pm - 1:30 pm	Pastoreo

### 3.8 Definición del diseño experimental

El experimento se realizó utilizando un diseño sobre cambio en arreglo de cuadrado latino 3 x 3 repetido 3 veces, con el propósito de incrementar los grados de libertad para la estimación de la varianza del error experimental (Kuhel, 1999).

				CUADRADO 1			CUADRADO 2			CUADRADO 3		
				VACAS			VACAS			VACAS		
PERIODOS		1	2	3		4	5	6		7	8	9
	1	A	C	B	A	B	C	A	C	B		
	2	B	A	C	C	A	B	C	B	A		
	3	C	B	A	B	C	A	B	A	C		

**Figura 1.** Croquis de la distribución de tratamientos

Se utilizaron nueve animales en total, distribuidos en tres grupos para cada uno de los cuadrados. En cada cuadrado cada uno de los animales recibió un tratamiento diferente en cada uno de los periodos. En la Figura 1 se presenta un esquema del diseño experimental.

### 3.9 Modelo Estadístico

El modelo estadístico a utilizar fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Es la observación de la respuesta del i-ésimo tratamiento en la columna j-ésima y fila k-ésima

$\mu$  = Es la media general del experimento

$\tau_i$  = Es el efecto del i-esimo Tratamiento

$\delta_j$  = Es el efecto de la Columna j-esima

$\gamma_k$  = Es el efecto de la Fila k-esima

$\varepsilon_{ijk}$  = Es el término de error aleatorio correspondiente a la observación del i-ésimo tratamiento en la columna j-ésima y fila k-ésima.

### **3.10 Variables evaluadas**

#### **3.10.1 Producción de leche**

Los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación de 14 días a cada tratamiento, para luego proceder a la toma de datos por un periodo de 5 días. En este periodo las mediciones de producción de leche se hicieron diariamente considerando la producción obtenida en el ordeño de la mañana y en el ordeño de la tarde.

Además del análisis de la producción de leche diaria, realizó otro análisis utilizando la fórmula de Gaines (1927), con la cual se realizó una corrección de la producción de leche a 4% de grasa.

#### **3.10.2 Calidad nutricional de la leche**

Para el análisis de la calidad nutricional de la leche, se tomaron 18 muestras diarias (dos muestras diarias por vaca) durante los cinco días de medición. Las muestras fueron refrigeradas y llevadas al final de cada día al laboratorio de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, para determinar el porcentaje de Grasa, Proteína, Lactosa y Solidos Totales. Los análisis de sólidos se efectuaron con el equipo Milko Scan FT-120.

#### **3.10.3 Análisis económico**

Se llevó a cabo un análisis económico comparativo para determinar el comportamiento de los tratamientos mediante la técnica de presupuestos parciales basados en los costos variables por vaca/día, que se afectaron como producto de los tratamientos (dietas) ofrecidos y su relación con el ingreso bruto, para luego hacer comparaciones y proyecciones económicas pertinentes de al estudio experimental.

Para el análisis económico se comparó los costos de las diferentes dietas, utilizando únicamente los elementos discrepantes en cada una de estas. Esto debido a que el resto de los elementos que conformaron la dieta fueron los mismos para todos los animales y en las mismas proporciones, lo que no genera diferencias pertinentes de analizar en los costos de producción. En el caso del pastoreo se asumió que este no

tiene costo, por lo que aunque los animales consumieron diferentes niveles de materia seca en pastoreo, este rubro no se incluyó en el análisis de presupuestos parciales.

Se utilizó la metodología de presupuestos parciales en donde se comparó los costos de las diferentes dietas, utilizando el precio del mercado de los diferentes elementos durante el periodo de tiempo que duro el experimento. Además se utilizó la metodología de pago por la leche suscrita de acuerdo a los componentes de la leche que utiliza Dos Pinos para pagar a sus asociados, para determinar así la rentabilidad parcial de cada una de las dietas.

### **3.11 Análisis estadístico de los datos**

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos (Anexo 5), se utilizó el Software Infostat versión 2014 (Di Rienzo, et al. 2014); con el cual se comprobó la normalidad de los datos (Anexo 1), por medio de una prueba de Shapiro-Wilks modificada por Mahibbur y Govindarajulu (1997) mencionado en el manual de InfoStat por Balzarini, et.al. (2008).

Se comprobó la homocedasticidad de los datos por medio de la prueba de contrastes de Levene sugerida en el manual de InfoStat (Balzarini, et.al. 2008)(Anexo 2). Este contraste permite efectuar un análisis de la varianza sobre las diferencias en valor absoluto entre las observaciones y la mediana (u otra medida de tendencia central) manteniendo el diseño original. Si el valor p del factor tratamiento de este ANAVA (también conocido como ANOVA) es menor al valor de significación nominal se rechaza la hipótesis de varianzas homogéneas (Balzarini, et al. 2008). Al encontrar que para la variable porcentaje de grasa, el supuesto de homocedasticidad no se cumple, se le realizó correcciones utilizando el módulo de corrección de heterocedasticidad de InfoStat

Se estimó la aditividad de cada uno de los factores del modelo experimental sobre los tratamientos por medio de gráficos de puntos, en donde se comparó cada una de las variables respuesta contra los diferentes criterios de clasificación (Anexo 3).



Por medio del uso de Análisis de Modelos Lineales Generales y Mixtos, se analizó los datos obtenidos en cada una de las variables para así poder determinar la importancia de las varianzas entre los tratamientos (Badiella. 2011) (Anexo 4).

Se comprobó la necesidad de la utilización del modelo cuadrado latino como modelo estadístico del experimento, al observar que para las diferentes variables de respuesta, al menos una de las variables de clasificación presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Al realizar el análisis de los datos, se aplicaron pruebas para la comprobación de los supuestos estadísticos; se comprobó la normalidad de los datos por medio de la prueba de Shapiro-Wilks modificado por Mahibbur y Govindarajulu (1997) mencionado en el manual de InfoStat por Balzarini, et.al. (2008)(Anexo 1), Se comprobó el supuesto de homocedasticidad, a través de la prueba de contrastes de Levene sugerida en el manual de InfoStat (Balzarini, et.al. 2008)(Anexo 2), donde se determinó que todas las variables respuesta menos el porcentaje de proteína en leche, cumplen con el supuesto. A esta variable se le realizó correcciones utilizando el módulo de corrección de heterocedasticidad de InfoStat. Por último se comprobó el supuesto de aditividad a través de la comprobación visual mediante la utilización de gráficos de puntos (Anexo 3).

Se utilizó modelos lineales generales y mixtos para el análisis de los datos, en donde se pudo observar para todas las variables respuesta existió efecto de tratamientos ( $p < 0.05$ ) (Anexo 4). Se encontraron diferencias entre los tratamientos para todas las variables: producción de leche, producción de leche corregida a 4% de grasa, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, porcentaje de lactosa, porcentaje de sólidos totales, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Resultados obtenidos al someter vacas lecheras en producción a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carolos 2014.

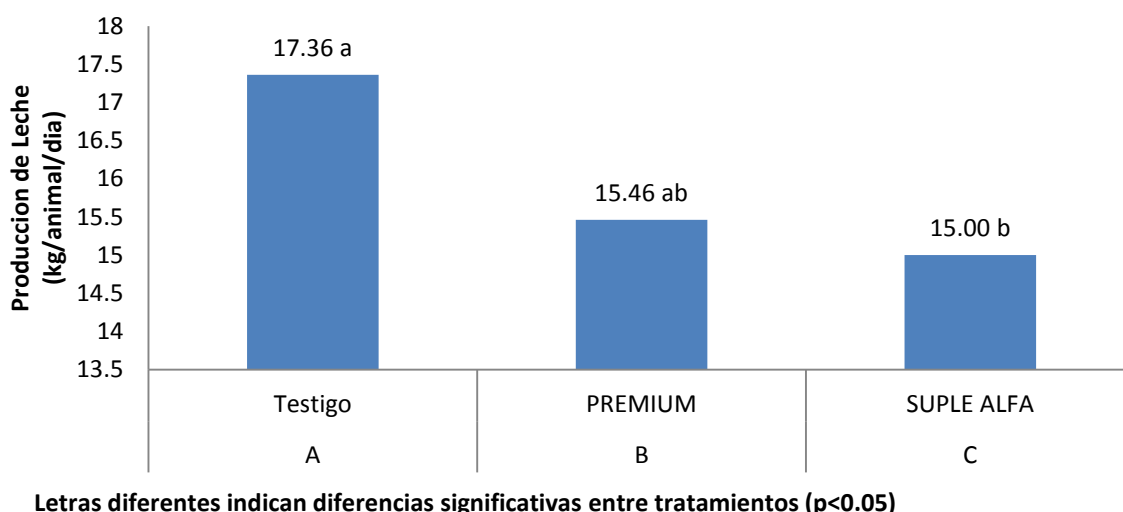
Variables	Tratamientos			p-valor Significancia $p < 0.05$
	A Testigo	B PREMIUM	C SUPLE ALFA	
Producción de Leche (kg/animal/día)	17.36 a	15.46 ab	15.00 b	0.0122
Producción de Leche corregida a 4% de Grasa (kg/animal/día)	18.73 a	15.46 b	16.79 b	0.0001
Calidad de Leche				
Sólidos Totales (%)	13.56 ab	13.12 b	13.92 a	0.0044
Grasa (%)	4.55 ab	4.22 b	4.87 a	0.0193
Proteína (%)	3.76 b	3.57 c	3.79 a	0.0001
Lactosa (%)	4.82 a	4.69 b	4.78 a	0.0006

## 4.1 Producción de Leche

Para analizar el efecto de los diferentes tratamientos sobre la producción de leche, se registró la producción de los animales en cada ordeño, con lo cual se obtuvo más de 270 registros (Anexo 6), los cuales se utilizaron para el análisis de dicha variable.

Estos resultados de los tratamientos sobre la producción de leche se analizaron de dos maneras, primero los datos tal y como fueron obtenidos del ordeño dos veces al día a los animales en estudio y segundo aplicando la fórmula elaborada por Gaines (1927), la cual homogeniza la producción de leche tomando como base el porcentaje de grasa, ajustando así los valores de producción de leche a un porcentaje de cuatro por ciento de grasa.

En el caso de la variable producción de leche, se encontró efecto de tratamientos ( $p < 0.05$ ) (Anexo #4), como se observa en la Figura 2, esta diferencia de producción de leche se obtuvo entre los tratamientos A (17.36 kg/día) y tratamiento C (15.00 kg/día), lo cual evidencia que la utilización de pellets de 100% *Stylosanthes*, es nutricionalmente desventajosa al ser comparado con la alimentación balanceada tradicional. Esta situación viene a refutar el supuesto de que no se encontrarían diferencias en cuanto a la producción de leche entre los tratamientos.



**Figura 2.** Producción de leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

Caso contrario encontramos al comparar los tratamientos A y B (17.36 kg/día; 15.46 kg/día respectivamente) o B y C (15.46 kg/día; 15.00 kg/día respectivamente), en donde no se encontró efecto de los tratamientos entre estos ( $p>0.05$ ). Para los tratamientos B y C esta condición permite observar que la similitud entre las dietas propicia rendimientos similares de producción de leche. En el caso de A y B aunque no se encontró efecto entre los tratamientos ( $p>0.05$ ), la diferencia entre las medias de dos kilogramos de producción de leche por vaca por día representa, una diferencia económica de importancia, al extrapolar esta situación a cualquier hato de producción lechera, la cual ameritaría análisis.

La explicación de estas diferencias presentadas en la producción de leche entre los tratamientos, no es muy clara, se podría presumir que la causal de estas diferencias en la producción de leche radica principalmente en las diferencias de fibras tanto FDN (fibra detergente neutro) como la FDA (fibra detergente acida), ya que si se comparan con detenimiento los Cuadros 1 y 4, se puede observar como los valores de fibras son más elevados en los alimentos elaborados a base de Stylosanthes (Vap-Feed, FDN 20.45%, FDA 11.36%; Predilecta, FDN 31.00%, FDA 14.70%; Legumix Premium, FDN 43.30%, FDA 33.90%; Suplemento Alfa, FDN 51.02%, FDA 39.07%). Más puntualmente se podría analizar los elevados niveles de FDA relacionados con los alimentos a base de estilosantes, ya que este tipo de fibra se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos, esta fracción contiene componentes de la pared celular como la lignina que inhiben la acción de los microorganismos ruminales para la degradación de la misma (Linn y Martin, 1993; Weiss, 1998 y 1999; mencionados por Cruz y Sánchez n.d.).

Otra posible explicación la cual se podría suponer, es el efecto de los valores de los porcentajes de fibra detergente neutra (FDN) de la materia seca de las diferentes dietas, como se mostró en el Cuadro 8 el contenido de FDN fue respectivamente para los tratamientos A, B y C, 42.4%, 49.5% y 40.7%. Weiss (1993), mencionado por Cruz y Sánchez (n.d.) comenta que para las producciones obtenidas en el experimento los requerimientos de FDN deberían estar entre los 33 y 39% MS. Además Roseler, (1998) mencionado también por Cruz y Sánchez (n.d.) comentan que dietas ricas en FDN y de baja densidad energética reducen el consumo de MS

por efecto de un llenado físico. Lo cual pudo haber sido lo que paso con el caso de los tratamientos B y C.

NRC (1989), informa que las raciones para el ganado lechero deben contener entre 19% de FDA en los animales de alta producción hasta 27% en las vacas secas. Altos valores de FDA se ha correlacionado negativamente con la digestibilidad de la MS (Cruz y Sánchez, n.d. mencionando a Linn y Martin, 1993; Combs et al., 2000). Esta situación podría ser otra justificante de la diferencia de producción de leche encontrada entre los tratamientos. Como se mostró en el Cuadro 8 el contenido de FDA fue respectivamente para los tratamientos A, B y C, 22.1%, 29.4% y 23.6%.

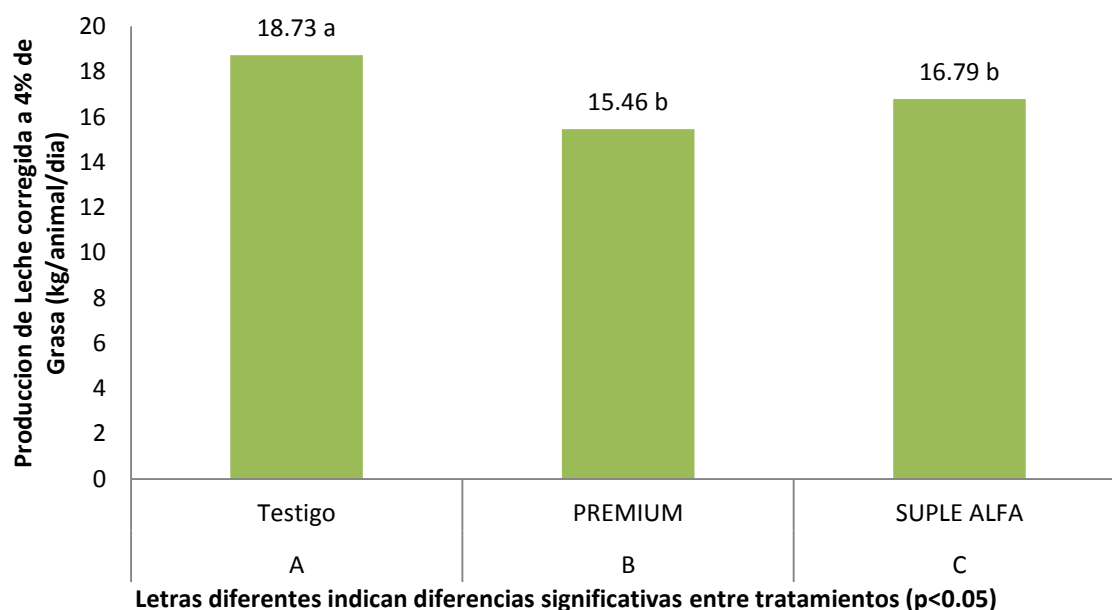
#### **4.1.1 Producción de Leche Ajustada a 4% de Grasa**

Al utilizar la fórmula de corrección de la producción de leche a 4% de grasa (Gaines. 1927) se encontró efecto de los tratamientos ( $p < 0.05$ ). El tratamiento A (18.73 kg/día) fue superior a B y C (15.46 kg/día, 16.79 kg/día respectivamente), como se observa gráficamente en la Figura 3. En el caso de la producción de leche sin corregir en donde los tratamientos A y B (17.36 kg/día, 15.46 kg/día respectivamente) no presentaban efecto de los tratamientos, ahora si se presentan entre los tratamientos A y B (corregidos a 4% de grasa), esta situación está muy relacionada con las diferencias encontradas en la variable porcentaje de grasa en leche, en donde el tratamiento B posee el promedio más bajo de porcentaje de grasa, lo que influye en su baja en el promedio de producción de leche corregida a 4% de grasa, siendo causal así de la diferencia encontrada.

Al comparar los promedios de los tratamientos A y C, se aprecia que el efecto de los tratamientos que se presentó en el caso anterior, en la variable producción de leche, sigue estando presente en la variable producción de leche ajustada a 4% de grasa.

En resumen se observa que la mejor producción de leche tanto corregida como sin corregir se obtuvo en el tratamiento A, bajo la dieta con alimentos balanceados tradicionales. Además para los tratamientos B y C en cuanto a la producción de leche corregida o sin corregir, no hubo efecto de tratamiento entre estos dos ( $p > 0.05$ ). Estas diferencias encontradas entre los tratamientos, igual que en la variable anterior podrían ser explicadas por los efectos de los niveles altos de FDN y

FDA presentes, principalmente en el tratamiento B, lo cual justifica el hecho de ser el tratamiento de menor valor.



**Figura 3.** Producción de leche ajustada a 4% de grasa, de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

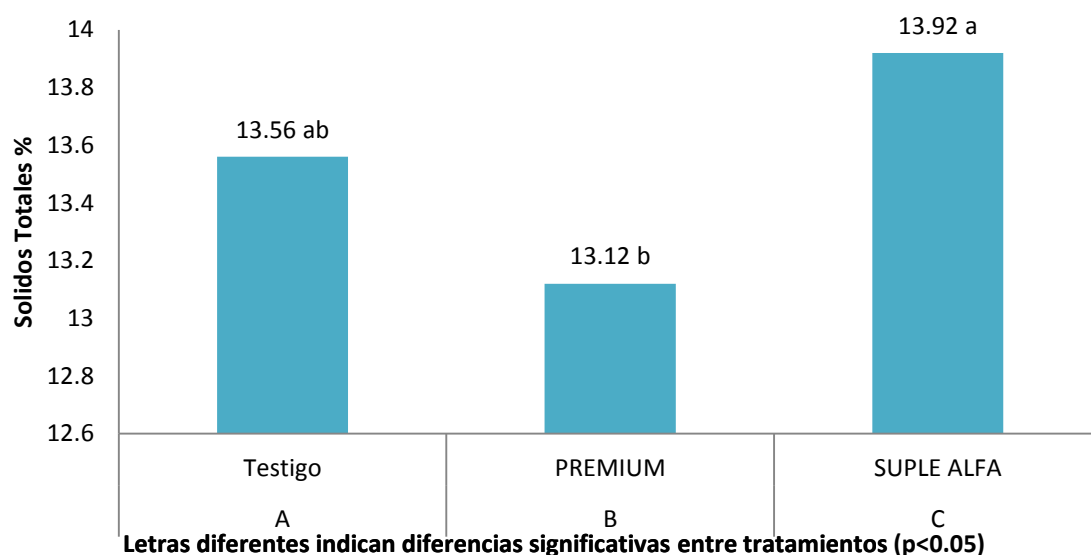
## 4.2 Calidad Nutricional de la Leche

Dentro de la subdivisión calidad nutricional de la leche, se evaluaron las variables relacionadas a la composición química de la leche, las cuales son: porcentaje de grasa en leche, porcentaje de proteína en leche, porcentaje de lactosa en leche y porcentaje de sólidos totales en leche.

### 4.2.1 Comportamiento del Porcentaje de Sólidos Totales en la Leche

La composición de la leche bovina está compuesta en promedio por un 87.7% de agua y un restante al cual se le denomina Sólidos Totales de la leche. Este valor está compuesto por varios componentes: el porcentaje de grasa, el porcentaje de proteína, más el porcentaje de lactosa y una diferencia a la cual se le denomina cenizas y otros minerales (Dos Pinos, n.d.-b).

Para la variable porcentaje de sólidos totales en la leche, se encontró efecto de los tratamientos ( $p < 0.05$ ) (Anexo #4), como se observa en la Figura 4, esta diferencia del porcentaje de sólidos totales en la leche se obtuvo entre los tratamientos B y C, no así entre los tratamientos A y B o A y C.



**Figura 4.** Concentración en porcentaje de sólidos totales contenidos en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

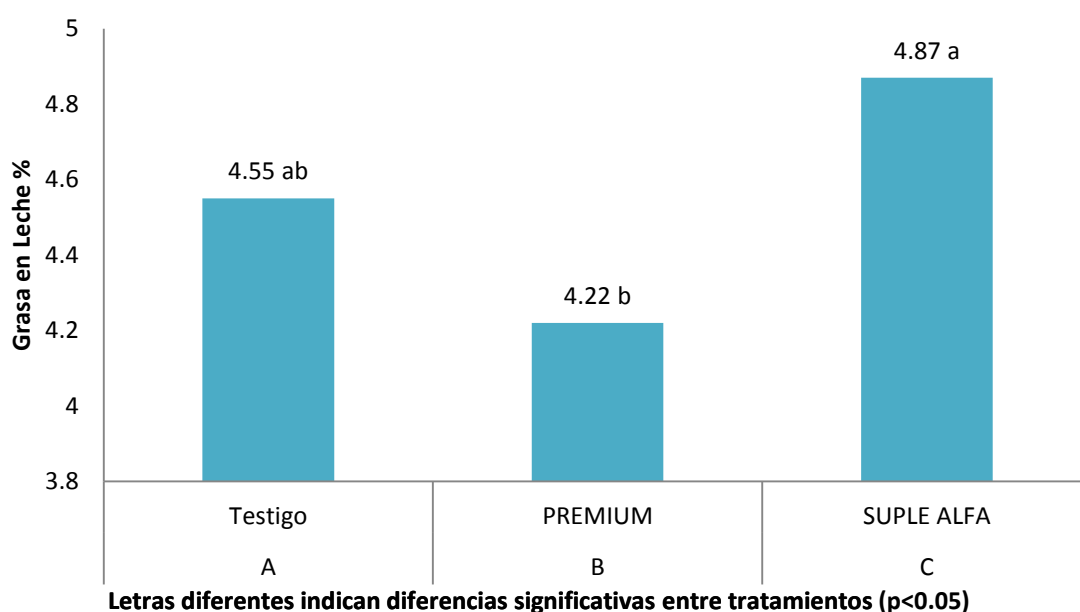
Como es mencionado anteriormente el porcentaje de sólidos totales, está constituido por la sumatoria del porcentaje de grasa, proteína, lactosa y cenizas, los cuales si se analizan individualmente demuestran que la causa de que el tratamiento C sea el de mayor cantidad de sólidos totales está directamente relacionado con ser el tratamiento de mayor porcentaje de grasa (4.87%) y porcentaje de proteína (3.79%) en la leche, lo cual se ve reflejado en el resultados obtenidos, caso similar explica el comportamiento del tratamiento B, el cual es el tratamiento que también posee los menores porcentajes de grasa (4.22%), proteína (3.57%) y lactosa (4.69%) en leche lo que justifica los resultados.

De la misma manera como justifica las diferencias en la producción de leche entre los tratamientos, se puede presumir nuevamente que el efecto de los niveles de FDN y FDA presentes en la dieta del tratamiento B, los cuales en altas concentraciones en la dieta se convierten en elementos anti nutricionales (Roseler,

1998 mencionado por Cruz y Sánchez, n.d.) (Cruz y Sánchez, n.d. mencionando a Linn y Martin, 1993; Combs et al., 2000).

#### 4.2.2 Comportamiento del Porcentaje de Grasa en la Leche

Para la variable comportamiento del porcentaje de grasa en la leche, se obtuvo efecto de los tratamiento ( $p < 0.05$ ) (Anexo #4), como se observa en la Figura 5, esta diferencia del porcentaje de grasa se obtuvo entre los tratamientos B y C, lo cual permite notar que la utilización de los pellets de 100% estilizados como base en la dieta propicia el aumento del contenido de grasa en la producción de leche.



**Figura 5.** Concentración en porcentaje de grasa contenida en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

No obstante, debemos señalar que si se compara el tratamiento C, contra el tratamiento A el cual es considerado como tratamiento testigo, no hubo diferencias asociadas a los tratamientos ( $p > 0.05$ ), aunque se presentó una tendencia a un mayor nivel de grasa en el tratamiento C. Caso similar encontramos al comparar los tratamientos A y B, en donde no se encuentra efecto de estos tratamientos sobre la variable.

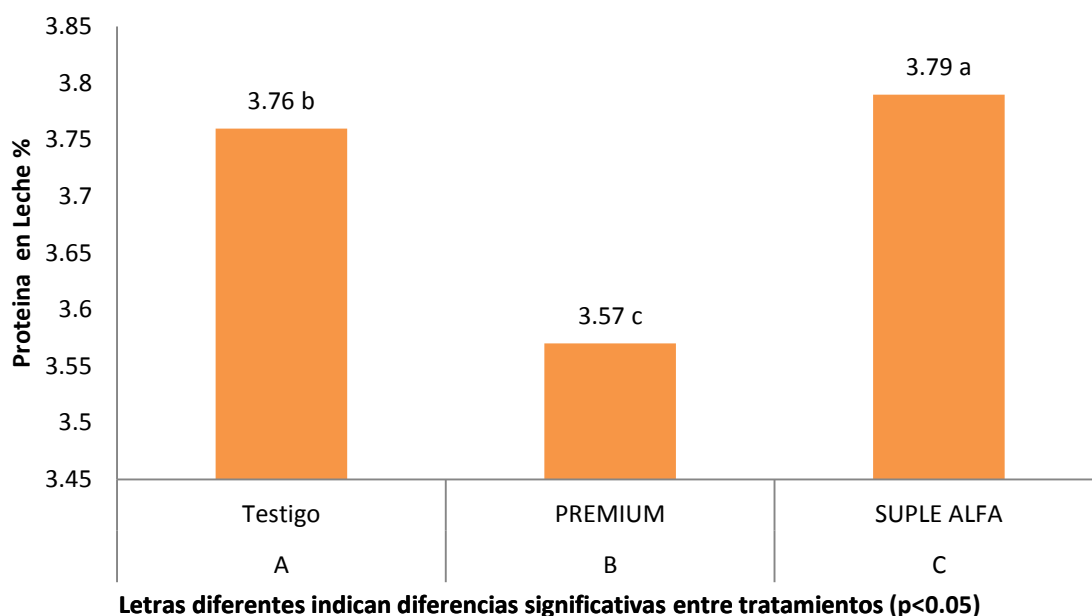


Nuevamente como se ha venido mencionando, se puede analizar que el efecto de los niveles de FDN y FDA presentes en la dieta del tratamiento B son los causales de que este sea el que presento el peor desempeño con respecto al porcentaje de grasa. La FDN y FDA presentes en altas concentraciones en la dieta se convierten en elementos anti nutricionales, principalmente por efecto de llenado físico de los animales (Roseler, 1998 mencionado por Cruz y Sánchez, n.d.) (Cruz y Sánchez, n.d. mencionando a Linn y Martin, 1993; Combs et al., 2000).

Para los niveles de grasa de los tratamientos A y C, aunque estadísticamente no se observó diferencia entre estos debida a los tratamientos, se aprecia una tendencia de mayor producción de grasa en el tratamiento C. Cruz y Sánchez (n.d.) comentan que la calidad de la FDN y el tamaño de partícula de los alimentos son muy importantes, para los alimentos concentrados por lo general la FDN es más digestible que la FDN del forraje, pero la mayoría de los concentrados poseen un tamaño de partícula muy pequeño lo cual no propicia el estímulo del masticado y la rumia, por lo que esa FDN no es tan efectiva. Al ser el Suplemento Alfa un concentrado a base de forraje de *Stylosanthes*, se podría esperar tener un mayor efecto en el estímulo del masticado y la rumia de los animales, que el tratamiento A, testigo. Problemas en la cantidad o la calidad del material fibroso afectan en la disminución del tiempo de masticado, lo que conlleva a una reducción de la secreción de sustancias tampón vía saliva, causando un declive en el pH ruminal. El pH del rumen no debe caer por debajo de 6,0 a 6,2, ya que si esto ocurre la degradación de la fibra por los microorganismos se reducirá, lo cual a su vez causa una depresión en la síntesis de la grasa láctea. (Pereira et al., 1999).

#### **4.2.3 Comportamiento del Porcentaje de Proteína en la Leche**

En cuanto a la variable comportamiento del porcentaje de proteína en la leche, se encontró un efecto de los tratamientos altamente significativos ( $p < 0.01$ ) (Anexo 4), como se observa en la Figura 6, esta diferencia del porcentaje de proteína se presentó entre todos los tratamientos. De forma que se puede apreciar que la dieta correspondiente al tratamiento C fue la que mayor promedio del porcentaje de proteína produjo (3.79%). El tratamiento B fue el que tuvo el peor desempeño, sustancialmente inferior a los otros dos tratamientos (3.57%).



**Figura 6.** Concentración en porcentaje de proteína contenida en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

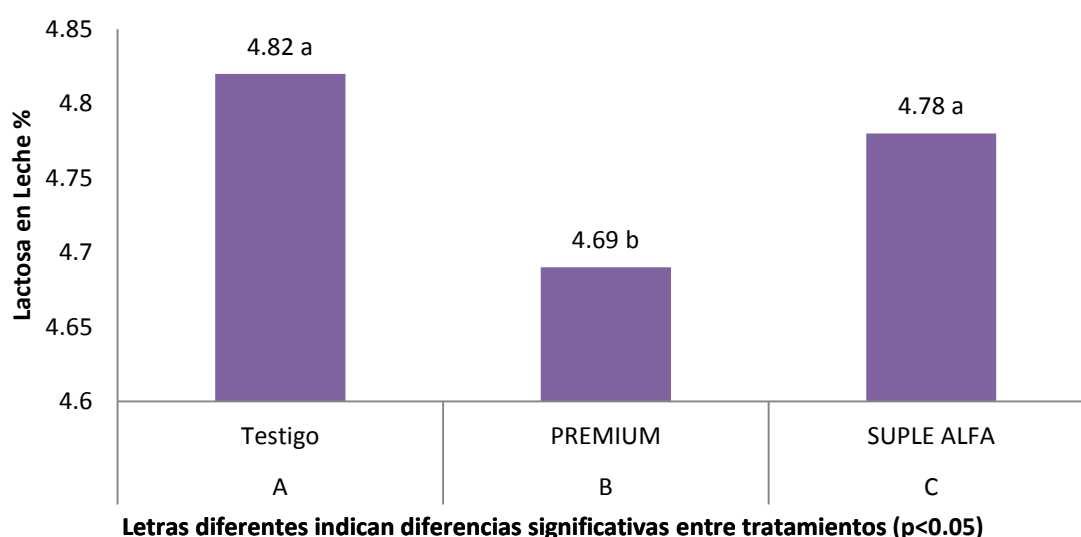
Para el comportamiento del tratamiento B, al poseer el valor inferior de proteína, en comparación con los otros tratamientos, se podría esperar que los resultados obtenidos son debidos a los niveles de FDN y FDA presentes en la dieta, mismos causales de los resultados obtenidos para este tratamiento en las variables producción de leche, porcentaje de solidos totales y porcentaje de grasa.

Caso similar encontramos en la explicación de por qué el tratamiento C fue de mayor porcentaje de proteína, con una tendencia muy similar en el tratamiento A; como se presentó en el Cuadro 8, los niveles de FDN (42.4% tratamiento A y 40.7% tratamiento C) y los niveles de FDA (22.1% tratamiento A y 23.6% tratamiento C), son muy similares entre estos tratamientos, pero como se mencionó en la variable porcentaje de grasa, al utilizar en el tratamiento C un concentrado a base de forraje de *Stylosanthes*, se podría esperar tener una mejor tasa de pasaje de los alimentos, y un mayor efecto en el estímulo del masticado y la rumia de los animales, que el tratamiento A, lo cual induce a una mejor digestión de los nutrimentos (Mertens, 1992 mencionado por Cruz y Sánchez, n.d.).

Aprovechando el muestro de leche realizado se solicitó el cálculo del MUN o concentración de nitrógeno ureico en leche, el cual diversas investigaciones lo han relacionado con características nutricionales de las dietas de los rumiantes (Van der Westhuizen J. 2013). En las medias de los valores del MUN se puede apreciar que en el tratamiento C (17.70 mg/dl), fue el mayor promedio del contenido de nitrógeno ureico en leche, y el de menor contenido fue el tratamiento A (15.42 mg/dl) (Anexo 4). El valor de MUN está estrechamente relacionado con el balance de la proteína en las dietas, y esta a su vez con el porcentaje de proteína en la leche (Van der Westhuizen J. 2013). Los valores obtenidos en los diferentes tratamientos se encuentran dentro del rango que Stallings, C.C (1996) mencionado por Peña, F. (2002), Drudik, D. et al. (2007) además de Young, A. (2001) encuentran aceptable.

#### 4.2.4 Comportamiento del Porcentaje de Lactosa en la Leche

Por ultimo en cuanto a las variables referentes al contenido nutricional de la leche, se determinó que en para la variable comportamiento del porcentaje de lactosa en la leche, se encontró efecto significativo de los tratamientos ( $p < 0.05$ ) (Anexo #4), específicamente entre los tratamientos A y B, B y C, como se observa en la Figura 7, no obstante estas diferencias debidas al efecto de los tratamientos del porcentaje de lactosa no se encontró entre A y C.



**Figura 7.** Concentración en porcentaje de lactosa contenida en la leche de los animales en estudio sometidos a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

Esta tendencia en las diferencias encontradas entre el tratamiento B y los otros tratamientos, se repite para las otras variables de calidad nutricional de la leche (porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, porcentaje de lactosa y porcentaje de sólidos totales), tal como se observa en las Figuras 4, 5, 6 y 7.

Nuevamente sale a relucir en bajo valor del porcentaje de lactosa del tratamiento B, el cual como ya se a discutido con anterioridad se podría justificar por los niveles de FDN y FDA presentes en la dieta del tratamiento B.

Como forma de evaluar la sanidad de los animales durante todo el periodo que duro el estudio, y además aprovechando las mismas muestras de leche que se extrajeron para la determinación de las variables de calidad nutricional de la leche, se le solicito al laboratorio de calidad de leche de Dos Pinos, que realizara determinaciones del conteo de células somáticas (Anexo #6). Esto permitió corroborar que durante el transcurso de todo el experimento los animales mantuvieron un promedio de ciento cincuenta mil células somáticas. Este valor se encuentran por debajo de las doscientas mil células somáticas que Wolter et al. (2004) y además el reglamento de calidad de leche de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos consideran como dentro de los rangos normales (Dos Pinos, n.d.-b).

### **4.3 Análisis Económico**

Para el análisis económico se comparó los costos de las diferentes dietas, utilizando únicamente los elementos discrepantes en cada una de estas. Esto debido a que el resto de los elementos que conformaron la dieta fueron los mismos para todos los animales y en las mismas proporciones, lo que no genera diferencias pertinentes de analizar en los costos de producción.

Se utilizó la metodología de presupuestos parciales en donde se comparó los costos de las diferentes dietas, utilizando el precio del mercado de los diferentes elementos durante el periodo de tiempo que duro el experimento. Además se utilizó la metodología de pago por la leche suscrita de acuerdo a los componentes de la

leche que utiliza Dos Pinos, para determinar así la rentabilidad parcial de cada una de las dietas.

#### **4.3.1 Presupuestos Parciales**

Se calculó el valor total de la producción de leche diaria, en donde se encontró diferencias marcadas entre el valor total de la producción diaria de leche del tratamiento testigo A y los tratamientos B y C, no tanto así entre estos últimos dos. Como se observa en el cuadro 11, este valor superior de A, difiere en más de ₡600 colones diarios, en comparación con los otros tratamientos.

Ahora, si este valor del total de producción diaria se divide entre los kilogramos producidos diarios, se obtiene el precio por kilogramo de leche producido, en donde se observa una situación un poco diferente, donde se observan pequeñas variaciones entre los tratamientos A y B, también entre A y C, entre los tratamientos B y C si se observa una diferencia marcada de aproximadamente 20 colones por cada kilogramo de leche producido.

El tratamiento que obtuvo mayor ingreso por kilogramo de leche producido (precio por cada kilogramo de leche producido) es el tratamiento C. Esta situación se debe a que este tratamiento, posee los mayores porcentajes de sólidos totales, grasa y proteína, influyendo positivamente en el cálculo del precio de la leche, esto al aplicar la fórmula de pago utilizada por Dos Pinos.

Aunque el tratamiento C sea el que presenta el mayor precio por kilogramo de leche producido, esta condición no genera una importancia económica real, ya que al final el tratamiento con mayor relación beneficio/costo fue el tratamiento A. Condición que se logra debido a la mayor producción de leche obtuvo este tratamiento. Como resumen aunque se obtenga el mayor precio por kilogramo de leche producida en el tratamiento C, esto no asegura la mayor relación beneficio costo, si la cantidad de leche producida no es bastante.

Posteriormente se calculó el costo parcial de cada una de las dietas, en donde se utilizaron los precios de mercado de cada uno de los alimentos balanceados utilizados a la fecha de elaborado el estudio experimental.

Se logró determinar una diferencia económica de importancia para el costo entre las dietas A y B además entre A y C, no así entre B y C, donde los valores fueron muy similares. La dieta testigo A fue la de menor costo diario ₡ 1633.79 siendo este valor en proporción al valor total de la producción de leche diaria equivalente a apenas un 31.29%. En cambio los tratamientos B y C equivalen respectivamente a 44.05% y 44.46% del valor total de la producción de leche diaria respectiva a sus tratamientos.

**Cuadro 11.** Costos y rentabilidad al traducir económicamente los resultados obtenidos al someter vacas lecheras en producción a diferentes dietas de alimentos balanceados, en finca San Isidro, Sucre, San Carlos 2014.

Variables	Tratamientos		
	A Testigo	B PREMIUM	C SUPLE ALFA
Producción de Leche (kg/animal/día)	17.36	15.46	15.00
Calidad de Leche			
Solidos Totales (%)	13.56	13.12	13.92
Grasa (%)	4.55	4.22	4.87
Kg de Grasa	0.79	0.62	0.72
Valor de La Grasa	₡ 1896.61	₡ 1494.38	₡ 1733.06
Proteína (%)	3.76	3.57	3.79
Kg de Proteína	0.64	0.55	0.57
Valor de la Proteína	₡ 1554.40	₡ 1334.94	₡ 1365.08
Solidos Restantes (%)	5.25	5.33	5.26
Kg de Solidos Restantes	0.92	0.82	0.79
Valor de Solidos Restantes	₡ 1810.11	₡ 1619.13	₡ 1558.61
Ingreso/Kg Leche Producido	₡ 303.66	₡ 293.13	₡ 312.51
Ingreso Total Producción Leche Diaria	₡ 5261.12	₡ 4448.45	₡ 4656.76
Costos			
Vap-Feed	₡ 1231.06	-	₡ 1375.17
Legumix Premium	-	₡ 1550.85	-
Predilecta	₡ 402.73	₡ 402.73	-
Suplemento Alfa	-	-	₡ 676.00
Costo Total Dieta	₡ 1633.79	₡ 1953.58	₡ 2051.17
% Costo/Total Producción	31.29%	44.05%	44.46%
Valor Neto Producción Leche Diaria	₡ 3627.33	₡ 2494.86	₡ 2605.59
% Valor Neto/Total Producción	68.71%	55.95%	55.54%

Por último, restando al valor total de la producción de leche diaria el costo parcial de la dieta, se obtiene el valor neto de la producción de leche diaria en el cual se encontró nuevamente diferencias marcadas entre los tratamientos, específicamente diferencias entre el tratamiento A y los tratamientos B y C. Se obtuvo que, para el tratamiento A, el valor neto fue de ¢ 3627.3 equivalente a un 68.71% del valor total de la producción. En el cuanto a los tratamientos B y C, sus valores netos fueron de ¢ 2494.86 y ¢ 2605.59 respectivamente que equivalen a 55.95% y 55.54%. Esto genera una situación interesante, ya que a pesar de que se han encontrado diferencias significativas en algunas de las variables respuestas para estos dos tratamientos, al final desde el punto de vista de rentabilidad económica no hay diferencias importantes entre ellos.

Es muy importante el análisis económico en los estudios producción agropecuaria, ya que como se ha podido observar en los resultados obtenidos, a pesar de que tratamientos diferentes obtuvieron producciones diferentes de leche, y calidades diferentes de esa leche, al final del día la rentabilidad económica es la que mayor impacto genera para la actividad productiva estudiada.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Bajo las condiciones y características en la que fue realizado este trabajo experimental se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se encontró que la producción de leche con dietas en donde se incluye el uso de alimentos balanceados con base en *Stylosanthes guianensis*, fue menor que el testigo en donde se utilizó alimentos balanceados tradicionales a base de granos. Tanto para la producción diaria sin corregir, como la corregida a 4% de grasa.
2. El porcentaje de sólidos totales, grasa, y lactosa en la leche no varía significativamente entre el tratamiento testigo y el tratamiento en donde se usa pellets de forraje puro de *Stylosanthes guianensis*. No así entre este último y el tratamiento en donde se usa pellets de forraje de *Stylosanthes guianensis* y granos en una dieta balanceada.
3. En cuanto al porcentaje de proteína se encontró diferencias entre todos los tratamientos. Siento el tratamiento C, el que utiliza Suplemento Alfa (pellets 100% *Stylosanthes*), el que mejores resultados obtuvo.
4. Analizando los diferentes tratamientos desde el punto de vista económico se encontró que aunque el valor de la leche por kilogramo producido fue mayor en el tratamiento C y A, el valor total de la producción de leche diaria fue mayor y significativamente diferente en el tratamiento testigo (A), que en los otros dos tratamientos.
5. Se determinó que la dieta testigo, fue la de menor costo económico.
6. Por último se encontró que la dieta testigo fue la que mayor beneficio económico produjo, significativamente en comparación con las otras dos dietas evaluadas.



## 5.2 Consideraciones Generales acerca del trabajo experimental

En la actualidad la volatilidad de la oferta y demanda internacional de los granos para la elaboración de alimentos concentrados hacen que los sistemas pecuarios que dependen en cierta medida de estos insumos se encuentren en una constante incertidumbre e inseguridad en cuanto al costo y disponibilidad de estos elementos, dejando a la producción, con márgenes de rentabilidad pequeños pero principalmente inestables. Surge así la necesidad de investigar sobre fuentes alternativas que permitan sustituir en parte o en su totalidad estos granos importados. El presente trabajo experimental, surge como posible respuesta de esta necesidad que se está planteando.

Debido a de que los resultados obtenidos, no fueron tan exitosos como se esperaba, no se cumplió con lo esperado en la hipótesis del trabajo, aun así no se debe descartar el potencial posible, de uso del forraje de *Stylosanthes guianensis*, como fuente de material vegetativo que supla aunque sea en parte, esta dependencia que hay hacia los granos importados.

Los resultados obtenidos muestran que a pesar de haber diferencias en la producción, estas solo fueron realmente importantes cuando se analizó los costos de la dieta en cada uno de los tratamientos. El hecho de que el tratamiento B posiblemente estuvo afectado por el balance de las fibras en la dieta, deja un interesante interrogante en cuanto al posible efecto en el análisis económico que pudo haber tenido. Estos costos en estas dietas se ven afectados por la producción en pequeña escala de la empresa que produce este material peletizado. Comentando con Fudesemilla, si se trabaja en el proceso de producción, haciendolo más eficiente, con fuentes de energía alternativas, y trabajando en economías de escala, sin duda se podría llegar a obtenerse a menores precios, convirtiéndose así en una opción más rentable para producir.

También otra forma de abaratar costos, podría ser el empoderamiento por parte del productor lechero, al producir parte de su alimentación, y alimentar a sus animales con forraje fresco, ensilado o henificado de ese material vegetativo, lo cual como fuente extra de proteína podría ayudar a reducir las cantidades tan importantes de alimentos balanceados que en las dietas de los animales se utiliza.

### 5.3 Recomendaciones

- A pesar de que el estudio no presenta el uso de pellets de *Stylosanthes guianensis*, como la alternativa más rentable para la sustitución de alimentos balanceados en base a granos importados, no se debe descartar este forraje como una posible alternativa para apalejar la variabilidad de los precios de los granos internacionales. Por lo que se recomienda realizar más estudios en el uso de *Stylosanthes guianensis* como posible fuente de proteína forrajera para alimentación animal, como por ejemplo su impacto en la producción de leche si se utiliza con forraje fresco para la alimentación en canoa; o su utilización en el pastoreo de bancos de proteína; o inclusive evaluar la posibilidad de henificación de este material, dando un manejo similar al realizado con la alfalfa en los países templados.
- Otra recomendación importante para futuros proyectos de investigación similares al presente, sería tomar en cuenta en el balance de las dietas, los contenidos de fibra detergente neutra y fibra detergente acida, además del balance iso-proteico e iso-energetico.

## 6. LITERATURA CITADA

- Ajayi F T, Babayemi O J and Taiwo A A 2007. Effects of *Stylosanthes guianensis* and *Aeschynomene histrix* on the yield, proximate composition and in-situ dry matter and crude protein degradation of *Panicum maximum* (Ntchisi). *Livestock Research for Rural Development*. Volume 19, Article #32. Visitado el 21 de Julio 2014, de: <http://www.lrrd.org/lrrd19/3/ajay19032.htm>
- Badiella L. 2011. Modelos Lineales Generalizados Mixtos algunos casos prácticos. X Congreso Galego de Estatística e Investigación de Operacions Pontevedra, novembro de 2011. (Formato PDF). Consultado el 03 de marzo del 2015. Disponible en [http://www.sgapeio.es/descargas/congresos\\_SGAPEIO/xsgapeio.uvigo.es/resumes/Badiella.pdf](http://www.sgapeio.es/descargas/congresos_SGAPEIO/xsgapeio.uvigo.es/resumes/Badiella.pdf)
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). *Infostat. Manual del Usuario*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina
- Bayer (n.d.). Ficha Técnica del Mineral Pecutrin Plus. Bayer Health Care (en línea). Consultado el 14 de agosto del 2015. Disponible en: <http://www.sanidadanimal.bayer.com.mx/es/abc-productos/vitaminas-minerales-y-aditivos-alimenticios/pecutrin-plus/index.php>
- Bolaños, R.; Watson, V., y Tosi, J. 2005. Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge, Escala 1:750 000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- Camacho-Sandoval, A. 2012. Costa Rica supera las 16000 fincas lecheras. *El Financiero*. 05 de febrero 2012 (en línea). Consultado 03 de agosto de 2014. Disponible en: [http://www.elfinancierocr.com/ef\\_archivo/2012/febrero/05/negocios3059112.html](http://www.elfinancierocr.com/ef_archivo/2012/febrero/05/negocios3059112.html) .

- Cameron, D. Chakraborty, S. 2004. Forage potential of *Stylosanthes* in different production systems In: High Yielding Anthracnose Resistant *Stylosanthes* for Agricultural Systems, S.Chakraborty et al (eds) (ACIAR). p 27-38
- Castro, A. 1999. Producción Bovina. Tercera reimpresión de la primera edición. EUNED. San José, Costa Rica.
- Chakraborty S. 2004. High-yielding anthracnose resistant *Stylosanthes* for agricultural systems. Australia: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR).
- Cruz, M. Sanchez, J. (n.d.). La fibra en la alimentación del ganado lechero. FEEDNET Comunidad Internet para la Nutrición Animal Costarricense. UCR-MAG. (en línea). Consultado el 17 de agosto de 2015. Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/ifd.htm>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dos Pinos. n.d.-a. Ficha Técnica de Alimentos Balanceados. Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Alajuela, Costa Rica.
- Dos Pinos. n.d.-b. Reglamento de recibo de Leche. Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Alajuela, Costa Rica.
- Drudik, D., Keown, J., Kononoff, P. 2007. Milk Urea Nitrogen Testing. NebGuide. University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agricultural and Natural Resources. (format PDF). Consultado el 20 de mayo del 2015. Disponible en <http://www.ianrpubs.unl.edu/live/g1661/build/g1661.pdf>
- FAO. n.d. *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. Var. *guianensis*. Grassland Species Profiles. (En línea) Consultado el 04 de agosto de 2014. Disponible en <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000070.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2014. Maize and Soya, Internacional commodity prices (CIWP).

Consultado 16 julio 2014. Disponible en:  
<http://www.fao.org/economic/est/prices>

Flores O, Bolivar D, Botero J, et al. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. 10(1). Consultado 16 Julio 2014. Disponible en: <http://ftp.sunet.se/wmirror/www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/1/cati101.htm>

Gaines W. 1927. Measures of persistency of lactation. *Journal of Agricultural Research* 34:373-383. (formato PDF). Consultado el 3 de marzo del 2015. Disponible en <http://naldc.nal.usda.gov/download/IND43967368/PDF>

Grant, R.; Colenbrander, V.F.; Mertens, D.R. 1990. Milk fat depression in dairy cows: Role of particle size of alfalfa hay. *J. of Dairy Sci.* 73:1823-1833.

Griinari, J. M., Dwyer, D. A., Mcguire, M. A., Bauman, D. E., Palmquist, D.L., Nurmela, K. V. 1998. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. of Dairy Sci.* 81 : 1251-1261.

González-Echeverría, J. 2013. Situación actual y perspectivas del sector lácteo costarricense. Visión de la Cámara Nacional de Productores de Leche. In *Memorias Congreso Nacional Lechero 2013*. San Carlos, Costa Rica (formato pdf). Consultado 03 de agosto de 2014. Disponible en [http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Situacion\\_actual\\_y\\_perspectivas\\_del\\_sector\\_lacteo\\_a\\_nivel\\_nacional\\_Vision\\_de\\_la\\_Camara\\_Lic\\_Jorge\\_Manuel\\_Gonzalez\\_Echeverria\\_Costa\\_Rica.pdf](http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2013/Situacion_actual_y_perspectivas_del_sector_lacteo_a_nivel_nacional_Vision_de_la_Camara_Lic_Jorge_Manuel_Gonzalez_Echeverria_Costa_Rica.pdf)

Holdridge, L. 1982. *Ecología basada en zona de vida*. Trad. del inglés por Jiménez, H. Segunda reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Kuehl, R. 1999. *Design of experiments: Statistical principles of research design and analysis*. United States of America: Cengage Learning; 2 edition.

NRC (National Research Council). 1989. *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 6th rev. Ed. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.

- NRC (National Research Council), 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. (Programa ejecutable). Consultado 03 de agosto de 2014. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/dairymodel/>
- Leng, R.A. 1993. "Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production". Herbivore nutrition in the subtropics and tropics. Pretoria. South Africa. The sciences press. Pag. 129-144.
- Lobo, M.V.; Díaz, O. 2001. Agrostología. Primera Edición. EUNED. San José, Costa Rica.
- Peña Castellanos, F. 2002. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. Revista Acovez; Volumen 27 No. 1 Edición 90.
- Pereira, M. N.; Garrett, E. F.; Oetzel, G. R.; Armentano, L. E. 1999. Partial replacement of forage with non forage fiber sources in lactating cow diets. I. performance and Health. J of Dairy Sci. 82:2716-2730.
- Peruchena, C.O. 1993. Utilización de subproductos agroindustriales para la alimentación del ganado en la región subtropical de Argentina. Anais do simposio Internacional IICA-EMBRAPA, 16-20 de noviembre de 1992. Sao Carlos, SP. Brasil.
- Peruchena, C.O. 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos. Conferencia. XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia. Porto Alegre, Brasil.
- Prisma Fundation, n.d. Producción de Pellets. San Isidro del General, San Jose, Costa Rica (En línea). Consultado el 04 de agosto de 2014. Disponible en <http://prismafoundation.org/produccion-de-pellets.html>
- Sánchez, J. ML.; H. Soto. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. Nutrición Animal Tropical. 4 (1):3-23 p.

- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2012. Boletín estadístico agropecuario No. 22. San José, Costa Rica. 208 p. (Serie cronológica 2008-2011).
- Stallings, C.C.1996. What's happening with Milk Urea Nitrogen testing? Dairy Science, Virginia Tech, December, 1996. [www.dasc.vt.edu/nutritioncc/9667](http://www.dasc.vt.edu/nutritioncc/9667).
- Valarini, M.; Possenti, R. 2006. Research Note: Nutritive value of a range of tropical forage legumes. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brazil. Tropical Grasslands, Vol 40, 183-187. (formato PDF). Consultado el 04 de agosto de 2015. Disponible en: [http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_40\\_2006/Vol\\_40\\_03\\_2006\\_pp183\\_187.pdf](http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_40_2006/Vol_40_03_2006_pp183_187.pdf)
- Vargas, E. 1984. Tabla de composición de alimentos para animales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Vargas, B. 2000. Bioeconomic modelling to support management and breeding of dairy cows in Costa Rica. Ph.D. thesis. The Netherlands, Wageningen University.
- Vargas, B.; Solís, O.; Sáenz, F.; León, H. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. Agronomía Mesoamericana 24(2):257-275
- Van de Westhuizen, J. 2013. Why milk urea nitrogen (MUN) is important and, Is a bulk tank sample giving adequate information. MUN Fact Sheet. Stud Book and Animal Improvement Association. (format PDF). Consultado el 20 de mayo del 2015. Disponible en [https://www.logix.org.za/docs/nuusblaai/logix\\_melk\\_pub/LogixMilk\\_MUN\\_Fact\\_Sheet\\_2013\\_04.pdf](https://www.logix.org.za/docs/nuusblaai/logix_melk_pub/LogixMilk_MUN_Fact_Sheet_2013_04.pdf)
- Wolter, W., Kloppert, B. 2004. Interpretación de los resultados del conteo celular y de la aplicación de la terapia. Avances en el Diagnóstico y Control de la Mastitis Bovina. Guadalajara, Jalisco, México. 5 pp.

Young, A. 2001. Milk Urea Nitrogen Test (MUN). Utah State University Extension, Logan, Utah. (format PDF). Consultado el 20 de mayo del 2015. Disponible en [http://extension.usu.edu/files/publications/publication/AG\\_Dairy-01.pdf](http://extension.usu.edu/files/publications/publication/AG_Dairy-01.pdf)



## ANEXOS

### Anexo 1 Prueba de normalidad (Shapiro-Wilks modificado)

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO_kg LECHE	27	0.00	1.04	0.93	0.1790
RDUO_FCL 4%	27	0.00	0.79	0.97	0.8859
RDUO_% GRASA	27	0.00	0.29	0.96	0.7417
RDUO_% PROTE	27	0.00	0.06	0.93	0.2480
RDUO_% LACTO	27	0.00	0.03	0.94	0.2929
RDUO_% ST	27	0.00	0.29	0.97	0.7972
RDUO_CCS	27	0.00	48.44	0.94	0.2707
RDUO MUN	27	0.00	0.89	0.98	0.9134

Se aplicó la prueba de determinación de Normalidad de Shapiro-Wilks modificado por Mahibbur y Govindarajulu (1997), la cual utilizando los residuos como variable de análisis se obtiene el estadístico W\* el cual nos sirve para determinar si se aprueba la hipótesis nula de que los residuos tienen distribución normal, en este caso no hay evidencias para rechazar el supuesto de distribución normal, para todas las variable no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ), lo cual apoya el supuesto de normalidad de cada una de las variables en estudio.

### Anexo 2 Prueba de Homocedasticidad (Contrastes de Levene)

#### Análisis de la varianza

#### RABS\_kg LECHE

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS_kg LECHE	27	0.59	0.18	68.64

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	5.90	13	0.45	1.44	0.2591	
PERIODO	0.28	2	0.14	0.44	0.6544	
VACA	5.15	8	0.64	2.05	0.1206	
TRATAMIENTO	0.18	2	0.09	0.29	0.7565	
DLAC	0.29	1	0.29	0.92	0.3538	0.01
Error	4.09	13	0.31			
Total	9.99	26				

#### RABS\_FCL 4%

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS_FCL 4%	27	0.66	0.33	78.95

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	5.08	13	0.39	1.97	0.1180	
PERIODO	0.74	2	0.37	1.86	0.1943	
VACA	3.73	8	0.47	2.34	0.0833	
TRATAMIENTO	0.55	2	0.27	1.37	0.2877	
DLAC	0.07	1	0.07	0.36	0.5574	0.01
Error	2.59	13	0.20			
Total	7.67	26				

#### RABS\_% GRASA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS % GRASA	27	0.61	0.23	70.06

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	0.49	13	0.04	1.58	0.2095	
PERIODO	0.03	2	0.01	0.55	0.5923	
VACA	0.35	8	0.04	1.82	0.1618	
TRATAMIENTO	0.06	2	0.03	1.21	0.3287	
DLAC	0.06	1	0.06	2.48	0.1391	0.01
Error	0.31	13	0.02			
Total	0.80	26				

#### RABS\_% PROTE

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS % PROTE	27	0.78	0.56	47.74

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	0.02	13	1.8E-03	3.56	0.0147	
PERIODO	3.8E-03	2	1.9E-03	3.77	0.0512	
VACA	0.02	8	1.9E-03	3.81	0.0161	
TRATAMIENTO	2.5E-03	2	1.2E-03	2.48	0.1224	

DLAC	1.7E-03	1	1.7E-03	3.32	0.0917	9.7E-04
Error	0.01	13	5.0E-04			
Total	0.03	26				

#### RABS\_% LACTO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS % LACTO	27	0.57	0.13	65.82

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	0.01	13	4.0E-04	1.30	0.3202	
PERIODO	8.0E-05	2	4.0E-05	0.13	0.8796	
VACA	4.6E-03	8	5.8E-04	1.87	0.1509	
TRATAMIENTO	4.4E-04	2	2.2E-04	0.72	0.5067	
DLAC	7.7E-05	1	7.7E-05	0.25	0.6250	-2.1E-04
Error	4.0E-03	13	3.1E-04			
Total	0.01	26				

#### RABS\_% ST

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS % ST	27	0.66	0.31	67.03

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	0.57	13	0.04	1.91	0.1286	
PERIODO	0.01	2	0.01	0.31	0.7402	
VACA	0.46	8	0.06	2.54	0.0651	
TRATAMIENTO	0.04	2	0.02	0.86	0.4478	
DLAC	0.05	1	0.05	2.12	0.1688	0.01
Error	0.30	13	0.02			
Total	0.86	26				

#### RABS\_CCS

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS CCS	27	0.76	0.52	69.76

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	22954.19	13	1765.71	3.18	0.0231	
PERIODO	512.82	2	256.41	0.46	0.6403	

VACA	21552.89	8	2694.11	4.85	0.0061	
TRATAMIENTO	812.90	2	406.45	0.73	0.5000	
DLAC	75.59	1	75.59	0.14	0.7182	-0.21
Error	7223.06	13	555.62			
Total	30177.25	26				

#### RABS\_MUN

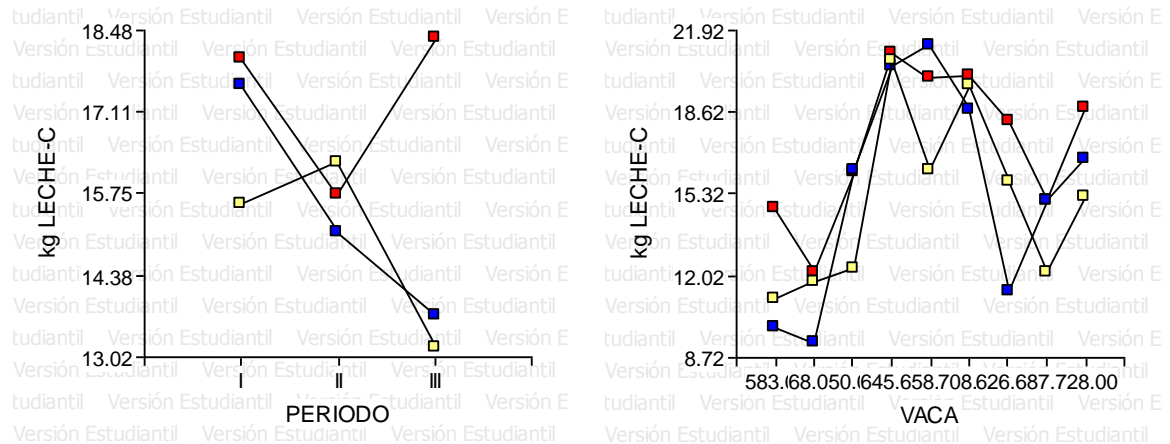
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS MUN	27	0.79	0.58	52.38

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

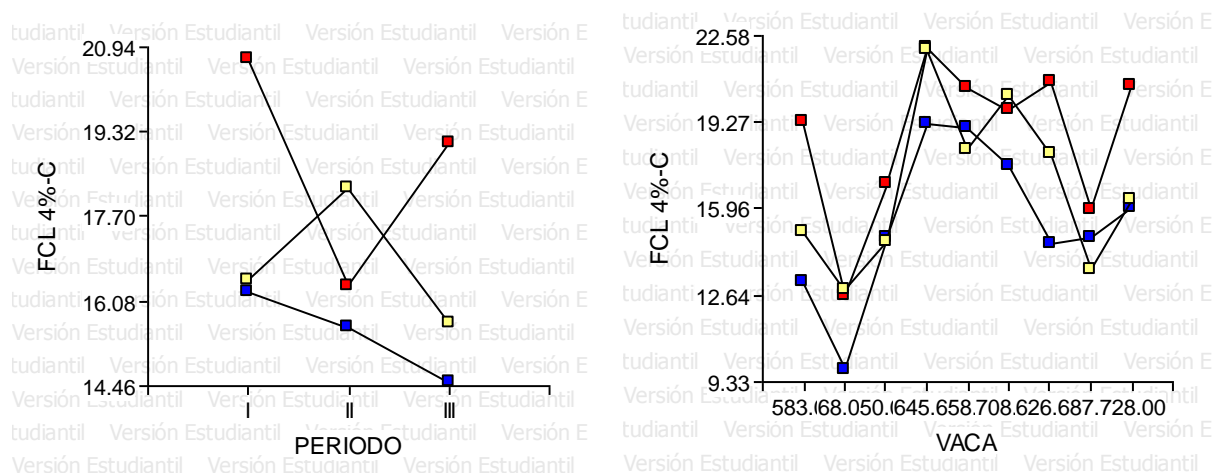
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	6.19	13	0.48	3.72	0.0122	
PERIODO	0.08	2	0.04	0.33	0.7240	
VACA	5.42	8	0.68	5.29	0.0042	
TRATAMIENTO	0.29	2	0.15	1.14	0.3504	
DLAC	0.40	1	0.40	3.11	0.1011	-0.02
Error	1.66	13	0.13			
Total	7.85	26				

### Anexo 3 Prueba de Aditividad

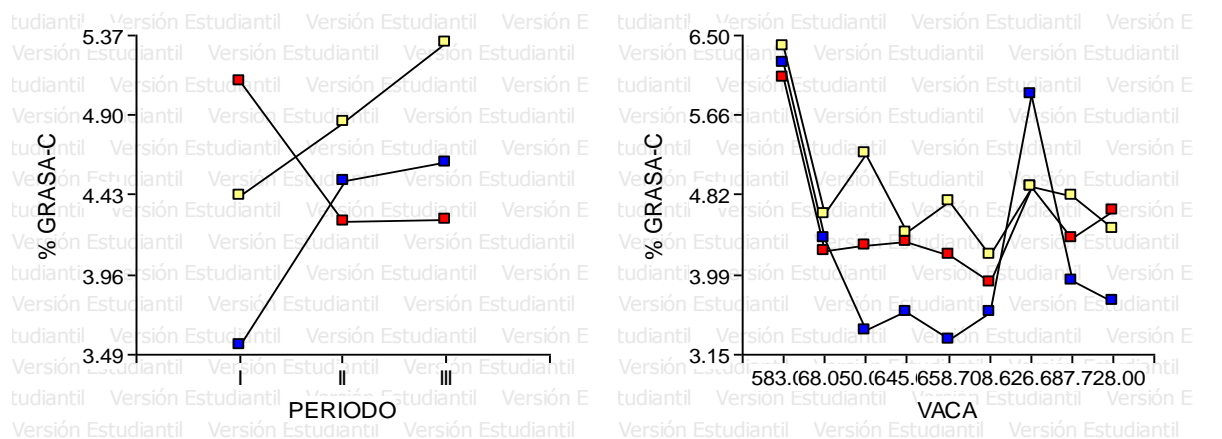
#### Variable Respuesta Producción de Leche



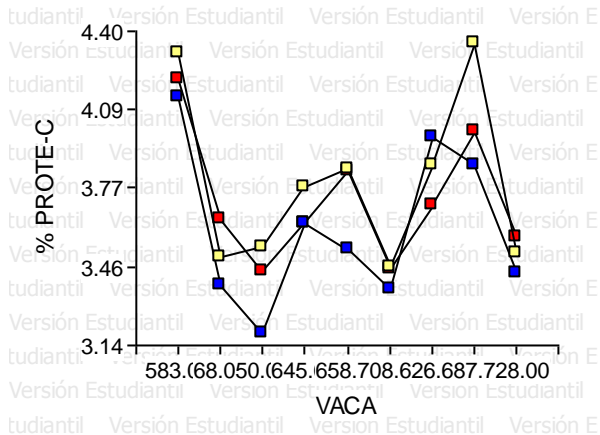
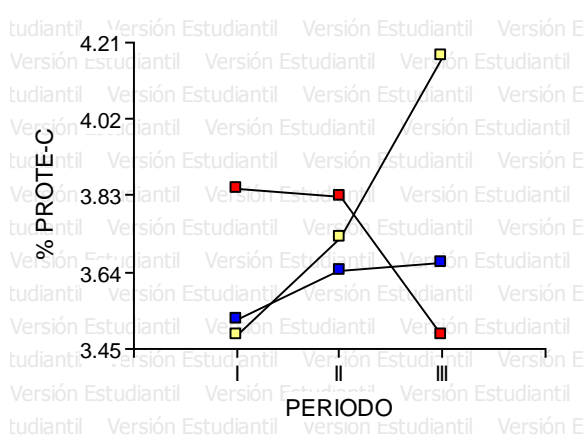
#### Variable Respuesta Producción de Leche corregida a 4% de Grasa



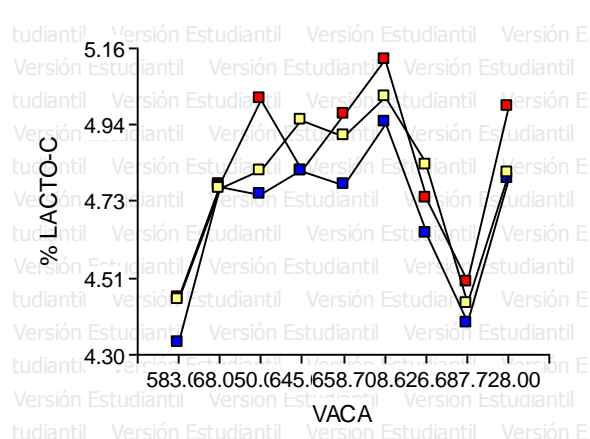
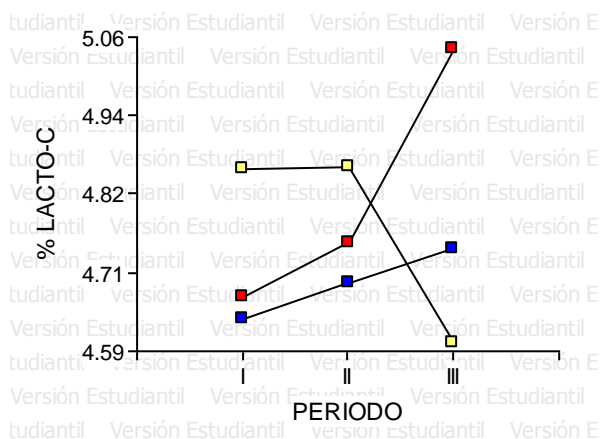
#### Variable Respuesta Porcentaje de Grasa en la Leche



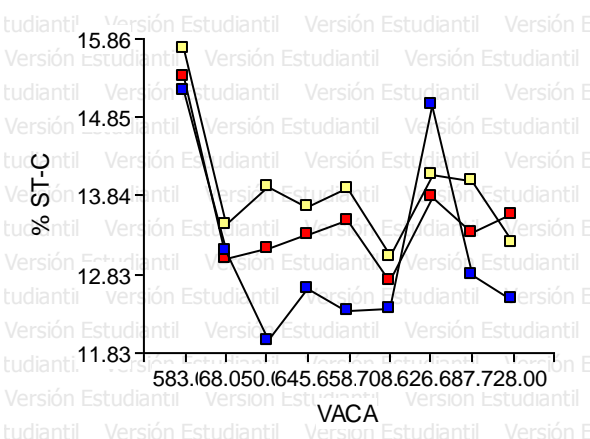
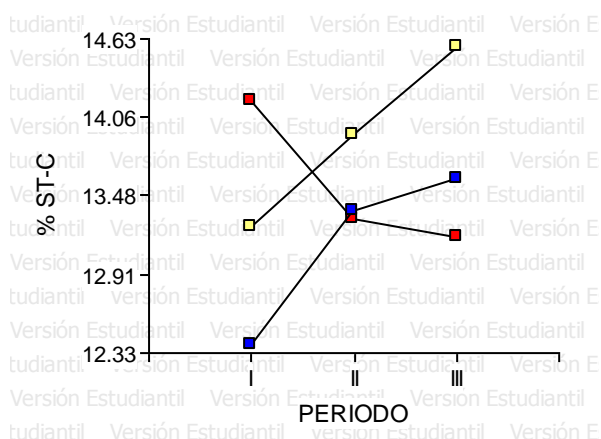
## Variable Respuesta Porcentaje de Proteína en la Leche



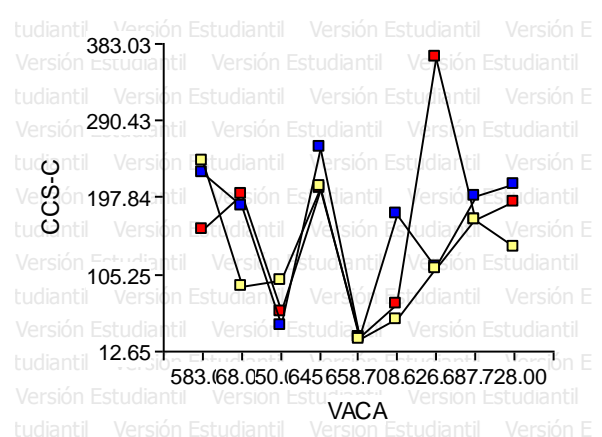
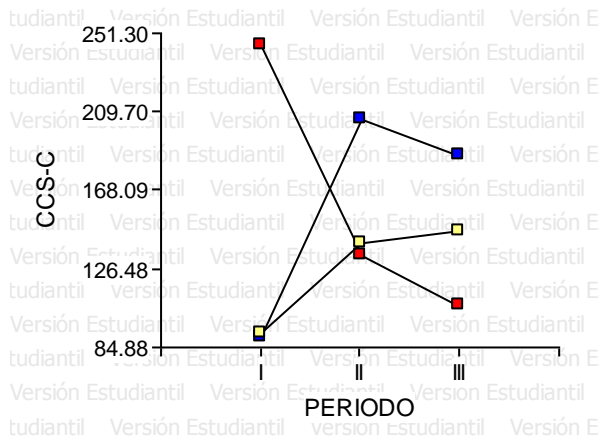
## Variable Respuesta Porcentaje de Lactosa en la Leche



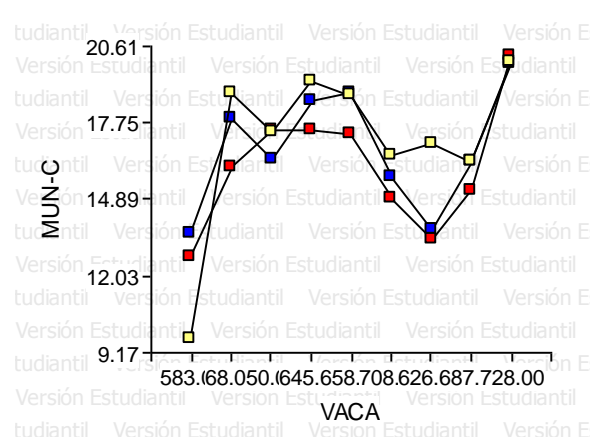
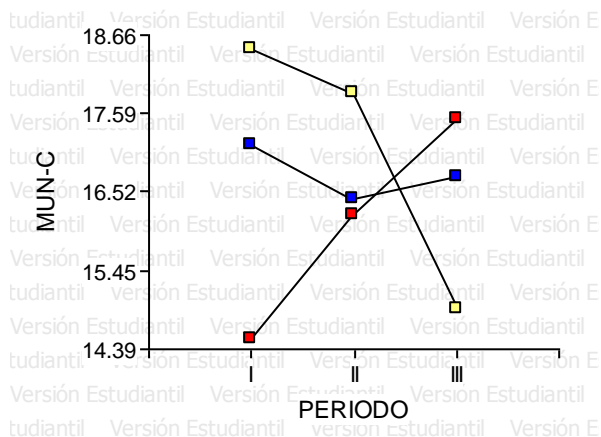
## Variable Respuesta Porcentaje de Solidos Totales en la Leche



## Variable Respuesta Recuento de Células Somáticas en la Leche



## Variable Respuesta Concentración de Urea en la Leche



## Anexo 4 Análisis de Varianza por Modelos lineales generales y mixtos

Variable dependiente: kg.LECHE

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
modelo.073_kg.LECHE_REML<-glms(kg.LECHE~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data73)
```

Resultados para el modelo: modelo.073\_kg.LECHE\_REML

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
27	95.88	104.83	-33.94	1.52	0.91	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2980.67	<0.0001
PERIODO	2	3.94	0.0439
VACA	8	14.94	<0.0001
TRATAMIENTO	2	6.13	0.0122

### kg.LECHE - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.		
A	17.36	0.51	A	
B	15.46	0.51	A	B
C	15.00	0.51		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable dependiente: FCL.4%

#### Especificación del modelo en R

```
modelo.074_FCL.4_REML<-glm(FCL.4~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data73)
```

Resultados para el modelo: modelo.074\_FCL.4\_REML

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
27	87.34	96.29	-29.67	1.12	0.93	

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6235.76	<0.0001
PERIODO	2	3.80	0.0482
VACA	8	19.22	<0.0001
TRATAMIENTO	2	19.48	0.0001

### FCL.4 - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.		
A	18.73	0.37	A	
C	16.79	0.37		B
B	15.46	0.37		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable dependiente: GRASA

#### Especificación del modelo en R

```
modelo.075_GRASA_REML<-glm(GRASA~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data73)
```

Resultados para el modelo: modelo.075\_GRASA\_REML

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
27	60.07	69.02	-16.04	0.42	0.86	

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3130.70	<0.0001
PERIODO	2	1.85	0.1933
VACA	8	8.95	0.0002
TRATAMIENTO	2	5.31	0.0193

### GRASA - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)



Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
C	4.87	0.14	A
A	4.55	0.14	A B
B	4.22	0.14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable dependiente: LACTO

Especificación del modelo en R

```
modelo.076_LACTO_REML<-glm(LACTO~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data73)
```

Resultados para el modelo: modelo.076\_LACTO\_REML

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
27	2.95	11.90	12.52	0.05	0.96	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	203001.28	<0.0001
PERIODO	2	3.97	0.0430
VACA	8	42.27	<0.0001
TRATAMIENTO	2	13.31	0.0006

LACTO - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
A	4.82	0.02	A
C	4.78	0.02	A
B	4.69	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Variable dependiente: ST

Especificación del modelo en R

```
modelo.077_ST_REML<-glm(ST~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data73)
```

Resultados para el modelo: modelo.077\_ST\_REML

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
27	59.71	68.66	-15.85	0.42	0.89	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	28447.39	<0.0001
PERIODO	2	3.27	0.0682
VACA	8	11.88	<0.0001
TRATAMIENTO	2	8.22	0.0044

ST - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
C	13.92	0.14	A

A	13.56	0.14	A	B
B	13.12	0.14		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Variable dependiente: PROTE

### Modelos lineales generales y mixtos

#### Especificación del modelo en R

```
modelo.078_PROTE_REML<-glms (PROTE~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,weights=varComb(varIdent(form=~1|VACA))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data78)
```

#### Resultados para el modelo: modelo.078\_PROTE\_REML

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2	0
27	10.81	24.87	16.60	0.02	0.93

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	209604144696549.00	<0.0001
PERIODO	2	29962368020.56	<0.0001
VACA	8	1162.08	<0.0001
TRATAMIENTO	2	331.28	<0.0001

#### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | VACA

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
50	1.00
68	0.97
583	0.65
645	3.05
658	0.91
708	1.93
626	10.65
687	9.26
728	2.1E-05

#### PROTE - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
C	3.79	0.02	A
A	3.76	0.02	B
B	3.57	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Variable dependiente: CCS

### Modelos lineales generales y mixtos

#### Especificación del modelo en R

```
modelo.003_CCS_REML<-glms (CCS~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,weights=varComb(varIdent(form=~1|VACA))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data00)
```

#### Resultados para el modelo: modelo.003\_CCS\_REML

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2	0
27	192.77	206.83	-74.38	36.42	0.61

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	96168490706.16	<0.0001
PERIODO	2	1382143715.73	<0.0001
VACA	8	2058760411.40	<0.0001
TRATAMIENTO	2	349241347.54	<0.0001

#### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | VACA

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
50	1.00
68	0.98
583	0.79
645	0.34
658	5.0E-05
708	1.20
626	4.79
687	0.46
728	2.6E-05

#### CCS - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
B	174.31	12.20	A
A	143.37	12.20	B
C	131.29	12.20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Variable dependiente: MUN

##### Modelos lineales generales y mixtos

##### Especificación del modelo en R

```
modelo.080_MUN_REML<-glms(MUN~1+PERIODO+VACA+TRATAMIENTO
,weights=varComb(varIdent(form=~1|PERIODO))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data80)
```

##### Resultados para el modelo: modelo.080\_MUN\_REML

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2	0
27	87.73	97.95	-27.86	0.69	0.75

AIC y BIC menores implica mejor

#### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	7586068668689.77	<0.0001
PERIODO	2	0.29	0.7548
VACA	8	11399033070.08	<0.0001
TRATAMIENTO	2	27.59	<0.0001

#### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | PERIODO

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
I	1.00
II	2.7E-05
III	3.20

#### **MUN - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO**

*LSD Fisher (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
C	17.70	0.31	A
B	16.83	0.31	B
A	15.42	0.31	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

## Anexo 5 Datos para el Análisis Estadístico.

CUADRADO	PERIODO	VACA	TRATAMIENTO	DLAC	kg LECHE	% GRASA	% PROTE	% LACTO	% ST	CCS	MUN	FCL 4%
1	I	583	A	166	14.72	6.060	4.212	4.457	15.357	159272	12.73	19.26
2	I	645	A	132	21.04	4.336	3.632	4.811	13.353	207785	17.48	22.11
3	I	626	A	100	18.28	4.908	3.699	4.736	13.831	366191	13.40	20.79
1	I	50	B	170	16.28	3.408	3.187	4.745	11.987	44249	16.36	14.82
2	I	658	B	89	21.32	3.297	3.526	4.775	12.375	27988	18.83	19.07
3	I	687	B	175	15.04	3.921	3.860	4.386	12.818	199680	16.31	14.86
1	I	68	C	127	11.80	4.623	3.496	4.761	13.469	90318	18.88	12.85
2	I	708	C	114	19.68	4.201	3.452	5.018	13.067	49446	16.53	20.29
3	I	728	C	162	15.24	4.457	3.508	4.809	13.247	137346	20.03	16.29
1	II	68	A	169	12.16	4.236	3.642	4.775	13.029	201593	16.09	12.65
2	II	658	A	110	20.00	4.205	3.840	4.969	13.519	29488	17.30	20.60
3	II	687	A	196	15.04	4.374	4.001	4.502	13.376	170806	15.21	15.89
1	II	583	B	208	9.92	6.213	4.134	4.330	15.190	226974	13.65	13.16
2	II	708	B	135	18.68	3.592	3.368	4.950	12.400	177764	15.71	17.59
3	II	728	B	183	16.72	3.718	3.430	4.789	12.511	212807	19.92	16.01
1	II	50	C	212	12.32	5.253	3.535	4.812	13.959	98650	17.41	14.69
2	II	645	C	153	20.68	4.424	3.773	4.956	13.691	210125	19.28	22.01
3	II	626	C	121	15.80	4.904	3.864	4.826	14.116	112083	16.93	18.04
1	III	50	A	191	16.20	4.286	3.435	5.012	13.171	59137	17.45	16.90
2	III	708	A	156	20.08	3.899	3.448	5.123	12.761	69647	14.89	19.77
3	III	728	A	204	18.76	4.663	3.575	4.990	13.601	191260	20.23	20.63
1	III	68	B	148	9.32	4.374	3.380	4.769	13.137	187042	17.91	9.80
2	III	645	B	174	20.44	3.595	3.629	4.811	12.656	257119	18.54	19.21
3	III	626	B	142	11.40	5.875	3.979	4.640	15.009	115105	13.74	14.64
1	III	583	C	187	11.12	6.387	4.312	4.451	15.724	240834	9.69	15.10
2	III	658	C	131	16.28	4.763	3.848	4.909	13.941	26791	18.80	18.22
3	III	687	C	217	12.12	4.818	4.356	4.442	14.029	171198	16.28	13.63

CUADRADO	PERIODO	VACA	TRATAMIENTO	DLAC	kg LECHE	Costo Dieta	Precio/kg leche	Ingreso Bruto	Renta diaria
1	I	583	A	166	14.72	¢1,446.31	¢348.06	¢5,123.43	¢3,677.12
2	I	645	A	132	21.04	¢1,894.37	¢298.32	¢6,276.56	¢4,382.19
3	I	626	A	100	18.28	¢1,698.70	¢310.59	¢5,677.55	¢3,978.85
1	I	50	B	170	16.28	¢2,036.08	¢265.30	¢4,319.14	¢2,283.06
2	I	658	B	89	21.32	¢2,541.74	¢273.95	¢5,840.70	¢3,298.97
3	I	687	B	175	15.04	¢1,911.67	¢286.95	¢4,315.74	¢2,404.07
1	I	68	C	127	11.80	¢1,757.48	¢301.27	¢3,555.02	¢1,797.54
2	I	708	C	114	19.68	¢2,479.69	¢291.29	¢5,732.54	¢3,252.85
3	I	728	C	162	15.24	¢2,072.76	¢296.22	¢4,514.38	¢2,441.62
1	II	68	A	169	12.16	¢1,264.82	¢291.55	¢3,545.27	¢2,280.45
2	II	658	A	110	20.00	¢1,820.64	¢301.92	¢6,038.32	¢4,217.68
3	II	687	A	196	15.04	¢1,469.00	¢300.60	¢4,521.04	¢3,052.05
1	II	583	B	208	9.92	¢1,397.99	¢345.11	¢3,423.50	¢2,025.51
2	II	708	B	135	18.68	¢2,276.87	¢275.05	¢5,137.95	¢2,861.08
3	II	728	B	183	16.72	¢2,080.22	¢278.08	¢4,649.53	¢2,569.31
1	II	50	C	212	12.32	¢1,805.14	¢313.93	¢3,867.58	¢2,062.44
2	II	645	C	153	20.68	¢2,571.34	¢305.99	¢6,327.95	¢3,756.61
3	II	626	C	121	15.80	¢2,124.08	¢316.90	¢5,007.10	¢2,883.02
1	III	50	A	191	16.20	¢1,551.24	¢293.63	¢4,756.80	¢3,205.56
2	III	708	A	156	20.08	¢1,826.31	¢283.89	¢5,700.47	¢3,874.16
3	III	728	A	204	18.76	¢1,732.73	¢304.41	¢5,710.65	¢3,977.92
1	III	68	B	148	9.32	¢1,337.79	¢293.12	¢2,731.85	¢1,394.05
2	III	645	B	174	20.44	¢2,453.45	¢281.27	¢5,749.12	¢3,295.67
3	III	626	B	142	11.40	¢1,546.48	¢339.34	¢3,868.49	¢2,322.01
1	III	583	C	187	11.12	¢1,695.16	¢357.19	¢3,972.01	¢2,276.85
2	III	658	C	131	16.28	¢2,168.07	¢312.77	¢5,091.88	¢2,923.81
3	III	687	C	217	12.12	¢1,786.81	¢317.03	¢3,842.36	¢2,055.55

## Anexo 6 Totalidad de datos Obtenidos en el trabajo experimental.

Producción de Leche										
	29/9/2014		30/9/2014		1/10/2014		2/10/2014		3/10/2014	
Vaca	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
50	8.00	7.40	8.00	7.40	8.60	9.60	5.00	9.60	9.00	8.80
68	6.20	6.40	5.20	5.00	5.80	5.40	8.60	5.40	5.40	5.60
583	6.80	5.80	7.40	7.20	8.40	6.80	8.40	7.80	8.00	7.00
626	7.40	9.80	7.80	8.40	9.00	9.60	9.80	10.20	10.20	9.20
645	9.20	10.80	10.80	9.40	11.00	9.80	11.20	11.40	10.60	11.00
658	10.20	10.40	10.00	9.80	11.00	10.80	11.20	11.00	11.00	11.20
687	6.80	9.00	6.20	7.00	7.80	6.80	7.40	7.80	7.80	8.60
708	9.00	10.20	8.80	9.00	10.20	9.20	11.00	10.60	11.00	9.40
728	8.40	6.80	7.20	7.20	7.60	7.20	7.80	7.80	9.00	7.20
Conteo Células Somáticas x1000 unidades										
50	52.0	41.0	64.0	42.0	38.0	37.0	57.0	32.0	49.0	37.0
68	67.0	76.0	82.0	70.0	68.0	93.0	157.0	62.0	132.0	76.0
583	216.0	150.0	194.0	205.0	164.0	117.0	132.0	155.0	143.0	105.0
626	211.0	165.0	243.0	302.0	465.0	265.0	280.0	286.0	297.0	190.0
645	245.0	207.0	311.0	14.0	219.0	205.0	187.0	224.0	219.0	228.0
658	15.0	13.0	23.0	148.0	18.0	11.0	20.0	14.0	7.0	12.0
687	123.0	150.0	139.0	467.0	100.0	106.0	108.0	85.0	95.0	72.0
708	42.0	39.0	37.0	57.0	47.0	35.0	41.0	97.0	49.0	51.0
728	48.0	49.0	48.0	936.0	48.0	56.0	36.0	41.0	55.0	57.0
% Grasa de la Leche										
50	3.66	3.00	3.76	3.21	2.44	3.92	2.66	3.95	3.76	3.18
68	4.58	6.21	4.05	4.14	5.34	4.63	3.14	4.11	4.57	5.61
583	6.73	5.79	5.35	6.60	6.32	5.46	6.75	5.69	5.80	5.93
626	3.09	6.15	5.50	4.65	3.81	4.49	5.37	6.17	5.07	4.31
645	3.79	5.04	4.60	3.93	3.96	3.76	4.78	4.04	4.85	4.47
658	3.03	3.45	3.79	3.13	3.27	2.91	3.15	3.52	2.23	4.46
687	4.08	4.09	4.05	4.04	3.50	3.87	3.90	4.12	3.52	4.03
708	4.79	4.19	4.25	3.57	4.81	3.55	4.53	3.88	4.74	3.58
728	4.53	4.10	4.43	4.44	4.81	4.30	4.61	4.06	4.97	4.17
% Proteína de la Leche										
50	3.07	3.24	3.10	3.28	3.09	3.25	3.20	3.26	3.12	3.25
68	3.46	3.50	3.39	3.23	3.40	3.56	3.52	3.68	3.58	3.68
583	4.30	4.08	4.25	4.04	4.15	4.22	4.29	4.22	4.16	4.41
626	3.68	3.66	3.55	3.66	3.53	3.73	3.75	3.84	3.72	3.87
645	3.60	3.69	3.54	3.57	3.49	3.79	3.56	3.83	3.45	3.80
658	3.51	3.60	3.61	3.47	3.44	3.52	3.49	3.46	3.52	3.64
687	4.05	3.79	3.99	4.06	3.75	3.81	3.82	3.79	3.69	3.88
708	3.45	3.46	3.41	3.56	3.40	3.56	3.28	3.55	3.40	3.47
728	3.35	3.51	3.44	3.55	3.46	3.55	3.45	3.66	3.48	3.67

% Lactosa de la Leche										
	29/9/2014		30/9/2014		1/10/2014		2/10/2014		3/10/2014	
Vaca	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
50	4.66	4.79	4.62	4.82	4.86	4.89	4.76	4.73	4.68	4.66
68	4.65	4.68	4.81	4.47	4.76	4.81	4.78	4.96	4.90	4.83
583	4.39	4.16	4.47	4.30	4.52	4.49	4.54	4.47	4.51	4.71
626	4.71	4.62	4.60	4.81	4.74	4.85	4.74	4.76	4.69	4.85
645	4.71	4.82	4.66	4.69	4.81	5.03	4.79	5.01	4.69	4.90
658	4.68	4.77	4.68	4.78	4.82	4.93	4.76	4.81	4.76	4.76
687	4.25	4.37	4.30	4.39	4.44	4.35	4.41	4.37	4.41	4.54
708	5.02	4.97	4.92	5.10	5.09	5.12	4.91	5.10	4.96	5.00
728	4.76	4.80	4.74	4.84	4.77	4.86	4.77	4.93	4.76	4.88
% Solidos Totales Leche										
50	12.06	11.73	12.12	11.95	10.95	12.68	11.25	12.63	12.18	11.77
68	13.30	14.95	12.79	12.44	14.08	13.59	12.07	13.31	13.59	14.78
583	16.11	14.73	14.73	15.58	15.56	14.80	16.16	14.99	15.04	15.69
626	12.05	14.96	14.13	13.65	12.54	13.50	14.32	15.29	13.92	13.49
645	12.70	14.17	13.38	12.81	12.83	13.17	13.67	13.48	13.50	13.68
658	12.02	12.60	12.89	12.13	12.25	12.07	12.16	12.58	11.29	13.73
687	13.09	12.90	12.96	13.15	12.31	12.69	12.74	12.95	12.26	13.12
708	13.73	13.02	13.01	12.67	13.71	12.67	13.03	12.93	13.45	12.36
728	13.09	12.91	13.04	13.30	13.51	13.21	13.33	13.14	13.67	13.19
MUN										
50	17.0	17.9	-	-	-	-	-	-	14.1	16.5
68	18.1	21.5	-	-	-	-	-	-	16.4	19.4
583	13.7	13.1	-	-	-	-	-	-	11.2	13
626	14.5	12.4	-	-	-	-	-	-	13.4	13.6
645	18.9	18.8	-	-	-	-	-	-	15.6	16.6
658	17.7	19.8	-	-	-	-	-	-	17.9	19.9
687	17.2	15.0	-	-	-	-	-	-	17.2	16.2
708	15.7	16.7	-	-	-	-	-	-	16.7	17
728	18.3	21.3	-	-	-	-	-	-	18.1	23.3



Producción de Leche										
	20/10/2014		21/10/2014		22/10/2014		23/10/2014		24/10/2014	
Vaca	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
50	8.80	7.00	8.60	7.60	10.00	7.00	6.80	8.20	8.60	8.40
68	4.60	6.00	6.00	5.00	4.20	4.60	3.40	4.40	3.60	4.80
583	5.60	5.00	5.60	5.20	5.40	5.40	6.20	5.20	6.40	5.60
626	8.00	7.00	8.20	8.60	7.20	7.60	8.40	8.40	8.20	7.40
645	11.20	9.40	10.00	10.40	11.00	9.60	10.80	9.80	11.00	10.20
658	10.40	10.00	9.60	11.00	10.00	9.40	11.60	8.00	10.40	9.60
687	5.60	8.60	6.80	7.60	7.60	7.40	7.40	7.80	8.20	8.20
708	10.60	6.80	10.20	8.00	10.20	9.20	10.00	8.60	11.00	8.80
728	8.80	7.00	8.80	8.00	8.40	7.60	8.40	8.40	9.60	8.60
Conteo Células Somáticas x1000 unidades										
50	55.0	47.0	35.0	41.0	88.0	65.0	57.0	77.0	56.0	64.0
68	146.0	99.0	116.0	150.0	227.0	194.0	211.0	147.0	418.0	136.0
583	344.0	279.0	220.0	191.0	260.0	251.0	250.0	178.0	242.0	178.0
626	106.0	77.0	44.0	47.0	48.0	34.0	58.0	181.0	301.0	219.0
645	207.0	242.0	183.0	206.0	187.0	229.0	211.0	203.0	236.0	201.0
658	18.0	21.0	30.0	18.0	22.0	20.0	41.0	44.0	56.0	25.0
687	174.0	158.0	166.0	169.0	173.0	198.0	154.0	177.0	186.0	156.0
708	234.0	308.0	340.0	142.0	194.0	174.0	105.0	54.0	127.0	82.0
728	131.0	166.0	208.0	211.0	309.0	191.0	207.0	284.0	195.0	226.0
% Grasa de la Leche										
50	3.83	4.55	3.22	3.79	4.90	5.03	3.36	5.66	3.56	4.90
68	2.28	3.79	4.78	5.15	3.51	4.80	2.79	5.70	4.89	5.38
583	6.79	6.25	6.81	6.56	6.01	6.11	6.82	6.02	6.58	5.76
626	3.96	4.23	4.06	6.92	3.29	4.07	4.78	6.90	5.94	4.76
645	4.16	4.65	3.85	4.63	3.96	4.61	4.52	4.10	4.85	4.97
658	3.69	5.00	2.42	4.73	3.67	5.24	5.13	3.25	4.10	4.40
687	2.02	5.61	5.29	3.77	4.31	4.53	4.20	4.16	4.66	4.52
708	3.46	2.39	4.92	2.24	4.48	3.89	2.79	2.72	5.30	2.87
728	3.85	3.59	3.66	3.77	3.72	3.65	3.83	3.74	3.82	3.51
% Proteína de la Leche										
50	3.38	3.63	3.40	3.54	3.36	3.49	3.36	3.42	3.38	3.45
68	3.49	3.62	3.48	3.05	3.16	3.12	3.48	3.46	3.40	3.48
583	4.39	4.35	4.33	4.24	4.36	4.33	4.31	4.29	4.39	4.10
626	3.84	4.00	3.87	3.85	3.92	3.89	3.82	3.87	3.78	3.81
645	3.66	3.95	3.71	3.95	3.69	3.88	3.66	3.96	3.57	3.76
658	3.67	4.00	3.73	3.97	3.77	3.91	3.69	4.03	3.78	3.91
687	4.03	4.38	4.21	3.76	3.90	4.08	3.84	3.85	3.93	3.98
708	3.31	3.43	3.36	3.47	3.29	3.46	3.31	3.39	3.33	3.39
728	3.38	3.65	3.41	3.36	3.41	3.62	3.45	3.33	3.40	3.33

% Lactosa de la Leche										
	20/10/2014		21/10/2014		22/10/2014		23/10/2014		24/10/2014	
Vaca	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
50	4.86	5.02	4.98	5.16	4.90	5.11	4.99	5.05	5.02	5.09
68	5.00	5.09	4.92	4.51	4.75	4.33	4.79	4.84	4.66	4.75
583	4.43	4.45	4.49	4.41	4.52	4.53	4.49	4.34	4.52	4.30
626	4.88	4.90	4.86	4.72	4.88	4.90	4.83	4.77	4.74	4.79
645	4.86	5.03	4.86	5.12	4.90	5.01	4.90	5.14	4.82	4.95
658	4.87	4.95	5.06	5.05	4.93	4.86	4.87	5.13	4.95	5.07
687	4.59	4.48	4.46	4.35	4.49	4.52	4.56	4.49	4.50	4.61
708	5.01	4.94	4.94	5.11	4.95	5.04	5.00	4.87	4.84	4.79
728	4.84	4.97	4.81	4.69	4.82	4.93	4.81	4.67	4.71	4.65
% Solidos Totales Leche										
50	12.49	13.69	12.08	13.00	13.59	14.11	12.07	14.56	12.34	13.85
68	11.24	13.06	13.83	13.33	12.05	12.93	11.68	14.65	13.60	14.21
583	16.19	15.69	16.23	15.80	15.46	15.50	16.15	15.20	16.08	14.72
626	13.16	13.67	13.32	16.07	12.62	13.36	13.90	16.08	14.98	13.89
645	13.20	14.19	12.98	14.30	13.03	14.07	13.57	13.76	13.72	14.25
658	12.69	14.51	11.70	14.29	12.87	14.58	14.16	12.90	13.31	13.88
687	11.13	14.98	14.58	12.38	13.17	13.64	13.03	12.96	13.62	13.59
708	12.19	11.26	13.79	11.39	13.24	12.87	11.57	11.43	13.93	11.54
728	12.66	12.79	12.46	12.40	12.52	12.83	12.63	12.30	12.50	12.02
MUN										
50	16.6	19.1	-	-	-	-	-	-	16.8	17.6
68	22.4	18.6	-	-	-	-	-	-	13.4	17.2
583	8.8	9.6	-	-	-	-	-	-	9.5	11
626	17.0	16.7	-	-	-	-	-	-	15.2	19
645	18.4	19.5	-	-	-	-	-	-	17.4	22.1
658	16.9	17.8	-	-	-	-	-	-	16.4	18.2
687	15.4	15.6	-	-	-	-	-	-	15.6	14.2
708	18.4	15.9	-	-	-	-	-	-	12.7	15.6
728	16.3	20.0	-	-	-	-	-	-	21	22.9

Producción de Leche										
	10/11/2014		11/11/2014		12/11/2014		13/11/2014		14/11/2014	
Vaca	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
50	5.00	5.80	6.00	5.80	6.20	6.00	6.20	6.60	7.20	6.80
68	5.60	5.60	6.80	5.40	7.60	5.40	6.80	6.20	4.20	7.20
583	5.00	5.20	5.20	5.40	5.60	4.60	4.20	5.00	4.40	5.00
626	5.20	5.00	6.80	5.20	7.20	4.00	6.80	4.20	6.00	6.60
645	10.00	10.40	9.60	9.80	11.00	10.60	9.20	11.00	11.00	9.60
658	7.00	7.20	6.40	7.20	8.60	8.40	9.40	8.80	10.00	8.40
687	5.00	6.00	5.60	5.80	6.20	6.20	6.60	6.20	6.00	7.00
708	9.20	9.40	10.00	9.40	11.00	10.00	10.20	10.60	11.20	9.40
728	9.40	8.80	9.60	9.20	9.60	8.80	9.20	9.20	10.80	9.20
Conteo Células Somáticas x1000 unidades										
50	177.0	96.0	139.0	100.0	81.0	69.0	93.0	108.0	67.0	61.0
68	158.0	93.0	262.0	285.0	220.0	105.0	205.0	319.0	137.0	203.0
583	225.0	238.0	277.0	199.0	238.0	184.0	283.0	148.0	306.0	187.0
626	186.0	108.0	119.0	77.0	149.0	80.0	111.0	91.0	94.0	104.0
645	115.0	146.0	350.0	256.0	291.0	273.0	392.0	224.0	312.0	221.0
658	41.0	16.0	24.0	19.0	28.0	15.0	29.0	38.0	33.0	25.0
687	189.0	139.0	172.0	146.0	186.0	120.0	249.0	257.0	142.0	119.0
708	101.0	52.0	46.0	41.0	105.0	74.0	76.0	70.0	73.0	56.0
728	198.0	212.0	170.0	195.0	155.0	226.0	189.0	220.0	174.0	178.0
% Grasa de la Leche										
50	5.94	3.78	5.02	4.29	5.27	5.02	5.38	7.23	4.84	5.88
68	3.42	2.31	4.81	3.60	5.25	3.61	4.85	5.20	2.43	5.64
583	5.63	5.88	5.57	5.40	6.56	5.50	6.63	8.40	6.08	6.21
626	7.30	2.73	6.80	4.04	7.70	3.50	7.62	4.00	5.40	7.07
645	4.02	3.33	3.56	2.95	3.89	3.50	4.17	3.08	3.89	3.65
658	4.74	3.86	3.16	5.54	5.97	5.16	5.21	4.39	4.52	4.95
687	4.96	4.43	4.61	4.55	4.94	4.26	4.96	5.19	5.21	5.13
708	4.52	3.51	4.47	3.26	4.11	3.73	4.03	3.36	4.06	3.89
728	4.91	4.34	4.62	4.25	4.56	4.49	4.98	4.70	4.89	4.86
% Proteína de la Leche										
50	3.50	3.29	3.45	3.62	3.55	3.67	3.54	3.60	3.59	3.56
68	3.49	3.71	3.55	3.67	3.50	3.69	3.57	3.74	3.72	3.81
583	3.90	4.29	4.28	4.04	4.13	4.03	4.41	4.31	4.22	3.76
626	3.59	3.90	3.84	4.04	3.92	4.06	4.07	4.33	4.19	3.99
645	3.55	3.60	3.57	3.53	3.57	3.65	3.70	3.58	3.73	3.83
658	3.83	3.68	3.86	3.96	3.74	3.73	3.74	4.11	3.83	4.03
687	4.39	4.11	4.23	4.36	4.20	4.23	4.30	4.75	4.69	4.36
708	3.28	3.55	3.46	3.40	3.42	3.49	3.44	3.42	3.43	3.60
728	3.52	3.66	3.52	3.56	3.63	3.72	3.56	3.58	3.51	3.50

% Lactosa de la Leche										
	10/11/2014		11/11/2014		12/11/2014		13/11/2014		14/11/2014	
Vaca	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
50	4.74	4.57	4.82	4.94	4.87	4.88	4.87	4.79	4.83	4.83
68	4.84	4.91	4.81	4.93	4.77	4.84	4.59	4.69	4.79	4.65
583	4.04	4.51	4.49	4.17	4.55	4.02	4.46	4.48	4.52	4.03
626	4.29	4.84	4.65	4.74	4.60	4.77	4.59	4.77	4.69	4.58
645	4.72	4.85	4.86	4.70	4.87	4.82	4.86	4.60	4.84	5.02
658	4.80	4.75	5.05	5.04	4.97	4.77	4.88	4.98	4.84	5.03
687	4.38	4.23	4.47	4.56	4.47	4.37	4.52	4.49	4.40	4.53
708	5.12	5.26	5.25	5.00	5.16	4.98	5.13	5.03	5.15	5.13
728	5.00	5.11	5.01	4.91	4.99	5.07	4.99	4.94	4.94	4.94
% Solidos Totales Leche										
50	14.57	12.01	13.65	13.25	14.10	13.99	14.11	15.93	13.53	14.61
68	12.09	11.36	13.51	12.58	13.89	12.58	13.34	14.06	11.33	14.44
583	14.15	15.19	14.85	14.08	15.74	14.10	16.09	17.72	15.27	14.45
626	15.69	11.98	15.79	13.31	16.77	12.87	16.78	13.63	14.78	16.16
645	12.92	12.42	12.62	11.79	12.98	12.59	13.37	11.84	13.06	13.12
658	13.82	12.70	12.50	15.00	15.12	14.11	14.21	13.91	13.57	14.39
687	14.18	13.19	13.72	13.92	14.05	13.27	14.14	14.84	14.75	14.37
708	13.18	12.64	13.47	11.96	12.95	12.52	12.94	12.12	12.87	12.92
728	13.77	13.48	13.53	13.14	13.59	13.74	13.89	13.61	13.67	13.57
MUN										
50	18.1	16.1	-	-	-	-	-	-	17.4	18.2
68	16.8	14.7	-	-	-	-	-	-	15.1	17.2
583	14.0	13.5	-	-	-	-	-	-	11.1	15.7
626	12.5	10.7	-	-	-	-	-	-	14.7	16.9
645	19.1	16.1	-	-	-	-	-	-	18.3	20.9
658	19.1	18.7	-	-	-	-	-	-	17.1	20.6
687	16.3	16.3	-	-	-	-	-	-	16.1	16.4
708	14.5	13.5	-	-	-	-	-	-	14.1	17.8
728	21.6	20.0	-	-	-	-	-	-	20.1	19.1

**Anexo 7** Reportes del balanceo de dietas por el software NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle v.1.1.9

**Anexo 1** Reportes del balanceo de dietas por el software NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle v.1.1.9

**7.1 Dieta Base Tratamiento A**

**Summary Report**

**Animal Inputs**

Animal Type : Lactating Cow  
Age : 65 months  
Body Weight : 423 kg  
Milk Fat : 4.40%  
Days In Milk : 100

Milk Production : 18.0 (kg/day)  
Days Pregnant : 55  
Breed : Jersey  
Milk True Protein : 3.70%

**Diet Nutrient Balances**

Requirements	NEI (Mcal/day)	MP (g/day)	Ca (g/day)	P (g/day)	K (g/day)
Maintenance	8.1	548	13	16	107
Pregnancy	0.0	0	0	0	0
Lactation	14.3	994	26	16	27
Growth	0.0	0	0	0	0
<b>Total Required</b>	22.4	1542	39	32	134
<b>Total Supplied</b>	23.4	1547	58*	63*	230*
<b>Balance</b>	1.0	6	19	31	96

\* Note that these mineral supplied values are total *absorbable* supplied.

**Animal Performance**

DMI - Actual : 15.0 (kg/day)  
DMI - Predicted : 15.0 (kg/day)

NEI Allowable Milk : 19.2 (kg/day)  
MP Allowable Milk : 18.2 (kg/day)

Milk Production : 18.0 (kg/day)

Days to gain one condition score : > 305

Daily Weight Change due to Reserves : 0.2 (kg/day)

**Protein Values**

RDP Required : 1466 (g/d)  
RDP Supplied : 1619 (g/d)  
RDP Balance : 153 (g/d)

RUP Required : 817 (g/d)  
RUP Supplied : 830 (g/d)  
RUP Balance : 13 (g/d)

MP - Bacterial : 797 (g/d)  
MP - RUP : 685 (g/d)  
MP - Endogenous : 71 (g/d)

CP - Diet : 16.4 (%DM)  
CP - RDP : 10.8 (%DM)  
CP - RUP : 5.5 (%DM)

**Diet Concentrations**

NDF : 42.4 (%DM)  
Forage NDF : 32.1 (%DM)  
ADF : 22.1 (%DM)  
NFC : 29.1 (%DM)  
Undiscounted TDN : 69 (%DM)  
ME : 2.48 (Mcal/kg DM)  
NEI : 1.56 (Mcal/kg DM)  
NEg : 1.03 (Mcal/kg DM)  
Ca : 0.8 (%DM)  
P : 0.6 (%DM)  
Ether-Extract : 3.4 (%DM)  
DCAD : 145 (mEQ/kg)

**Target Diet Concentrations**

NEI : 1.50 (Mcal/kg)  
MP : 103 (g/kg)  
  
Ca : 3 (g/kg)  
P : 2 (g/kg)

**Diet Summary**

<b>Feed Name</b>	<b>kg/day (Dry Matter)</b>	<b>kg/day (As-Fed)</b>	<b>% (Dry Matter)</b>
pasto florencia	0.79	2.00	5.25
Melaza-Dos Pinos	0.38	0.50	2.55
san juani 22 1 2013 luis angel	6.18	29.43	41.27
pecutrin plus	0.11	0.12	0.75
heno arroz j a alfaro abril 2014	0.87	1.00	5.84
Vap Feed Dos Pinos	4.84	5.50	32.32
Predilecta	1.80	2.00	12.01

Energy and Protein Supply

Feed Name	DMI (kg/day)	TDN (g/day)	ME (Mcal/day)	NEI (Mcal/day)	NEg (Mcal/day)	CP (g/day)	RUP (g/day)	RDP (g/day)	NDF (kg/day)	MCP (g/day)
pasto florencia	0.8	393	1.3	0.8	0.3	63	13	49	0.5	-
Melaza-Dos Pinos	0.4	327	1.1	0.7	0.5	15	3	12	0.0	-
san juani 22 1 2013 luis angel	6.2	3696	13.4	8.2	5.1	1199	196	1003	3.6	-
pecutrin plus	0.1	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	-
heno arroz j a alfaro abril 2014	0.9	476	1.6	0.9	0.5	69	13	56	0.6	-
Vap Feed Dos Pinos	4.8	4086	15.1	9.8	7.0	816	439	377	1.0	-
Predilecta	1.8	1281	4.6	2.9	2.0	288	167	121	0.6	-
Totals :	15.0	10258	37.1	23.4	15.4	2449	830	1619	6.3	1246

Feed Name	ME (Mcal/kg)	NEI (Mcal/kg)	NEg (Mcal/kg)	Kp (%/hr)
pasto florencia	1.63	0.95	0.42	5.35
Melaza-Dos Pinos	2.98	1.91	1.36	7.10
san juani 22 1 2013 luis angel	2.17	1.33	0.82	5.35
pecutrin plus	0.00	0.00	0.00	7.10
heno arroz j a alfaro abril 2014	1.79	1.07	0.55	5.35
Vap Feed Dos Pinos	3.12	2.02	1.44	7.10
Predilecta	2.58	1.62	1.10	7.10

Increment over Maintenance : 3.3 X  
Energy/Protein Discount Factor : 6.6%  
Undiscounted TDN in Diet : 68.5%  
Diet RUP Digestibility : 82.5



## 7.2 Dieta Base Tratamiento B

### Summary Report

#### Animal Inputs

Animal Type : Lactating Cow  
Age : 65 months  
Body Weight : 423 kg  
Milk Fat : 4.40%  
Days In Milk : 100

Milk Production : 18.0 (kg/day)  
Days Pregnant : 55  
Breed : Jersey  
Milk True Protein : 3.70%

#### Diet Nutrient Balances

Requirements	NEI (Mcal/day)	MP (g/day)	Ca (g/day)	P (g/day)	K (g/day)
Maintenance	8.1	547	13	16	106
Pregnancy	0.0	0	0	0	0
Lactation	14.3	994	26	16	27
Growth	0.0	0	0	0	0
<b>Total Required</b>	22.4	1541	39	32	133
<b>Total Supplied</b>	23.4	1543	83*	57*	273*
<b>Balance</b>	1	2	44	25	139

\* Note that these mineral supplied values are total *absorbable* supplied.

#### Animal Performance

DMI - Actual : 15.0 (kg/day)  
DMI - Predicted : 15.0 (kg/day)

NEI Allowable Milk : 19.6 (kg/day)  
MP Allowable Milk : 18.0 (kg/day)

Milk Production : 18.0 (kg/day)

Days to gain one condition score : 241

Daily Weight Change due to Reserves : 0.2 (kg/day)

#### Protein Values

RDP Required : 1476 (g/d)  
RDP Supplied : 1568 (g/d)  
RDP Balance : 92 (g/d)

RUP Required : 808 (g/d)  
RUP Supplied : 811 (g/d)  
RUP Balance : 3 (g/d)

MP - Bacterial : 803 (g/d)  
MP - RUP : 670 (g/d)  
MP - Endogenous : 71 (g/d)

CP - Diet : 15.9 (%DM)  
CP - RDP : 10.5 (%DM)  
CP - RUP : 5.4 (%DM)

### **Diet Concentrations**

NDF : 49.5 (%DM)  
Forage NDF : 31.0 (%DM)  
ADF : 29.4 (%DM)  
NFC : 20.7 (%DM)  
Undiscounted TDN : 68 (%DM)  
ME : 2.48 (Mcal/kg DM)  
NEI : 1.56 (Mcal/kg DM)  
NEg : 1.02 (Mcal/kg DM)  
Ca : 1.1 (%DM)  
P : 0.6 (%DM)  
Ether-Extract : 4.8 (%DM)  
DCAD : 238 (mEq/kg)

### **Target Diet Concentrations**

NEI : 1.50 (Mcal/kg)  
MP : 103 (g/kg)  
  
Ca : 3 (g/kg)  
P : 2 (g/kg)

### **Diet Summary**

<b>Feed Name</b>	<b>kg/day (Dry Matter)</b>	<b>kg/day (As-Fed)</b>	<b>% (Dry Matter)</b>
pasto florencia	0.79	2.00	5.25
Melaza-Dos Pinos	0.38	0.50	2.56
san juani 22 1 2013 luis angel	5.91	28.14	39.49
pecutrin plus	0.11	0.12	0.76
heno arroz j a alfaro abril 2014	0.87	1.00	5.84
Predilecta	1.80	2.00	12.02
Legumix Premium	5.10	5.60	34.08

## Energy and Protein Supply

Feed Name	DMI (kg/day)	TDN (g/day)	ME (Mcal/day)	NEI (Mcal/day)	NEg (Mcal/day)	CP (g/day)	RUP (g/day)	RDP (g/day)	NDF (kg/day)	MCP (g/day)
pasto florencia	0.8	393	1.3	0.8	0.3	63	13	49	0.5	-
Melaza-Dos Pinos	0.4	328	1.2	0.7	0.5	15	3	12	0.0	-
san juani 22 1 2013 luis angel	5.9	3534	12.7	8.0	4.9	1220	188	1032	3.5	-
pecutrin plus	0.1	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	-
heno arroz j a alfaró abril 2014	0.9	476	1.6	1.0	0.5	69	13	56	0.6	-
Predilecta	1.8	1281	4.7	3.0	2.0	288	166	122	0.6	-
Legumix Premium	5.1	4205	15.7	10.3	7.0	798	428	370	2.2	-
Totals :	15.0	10217	37.1	23.7	15.2	2453	811	1642	7.4	1254

Feed Name	ME (Mcal/kg)	NEI (Mcal/kg)	NEg (Mcal/kg)	Kp (%/hr)
pasto florencia	1.65	0.97	0.42	5.35
Melaza-Dos Pinos	3.02	1.93	1.36	7.06
san juani 22 1 2013 luis angel	2.20	1.35	0.82	5.35
pecutrin plus	0.00	0.00	0.00	7.06
heno arroz j a alfaró abril 2014	1.82	1.09	0.55	5.35
Predilecta	2.61	1.64	1.10	7.06
Legumix Premium	3.08	2.01	1.38	7.06

Increment over Maintenance : 3.3 X

Energy/Protein Discount Factor : 5.6%

Undiscounted TDN in Diet : 68.3%

Diet RUP Digestibility : 82.6%

## 7.3 Dieta Base Tratamiento C

### Summary Report

#### Animal Inputs

Animal Type : Lactating Cow  
Age : 65 months  
Body Weight : 423 kg  
Milk Fat : 4.40%  
Days In Milk : 100

Milk Production : 18.0 (kg/day)  
Days Pregnant : 55  
Breed : Jersey  
Milk True Protein : 3.70%

#### Diet Nutrient Balances

Requirements	NEI (Mcal/day)	MP (g/day)	Ca (g/day)	P (g/day)	K (g/day)
Maintenance	8.1	548	13	16	106
Pregnancy	0.0	0	0	0	0
Lactation	14.3	994	26	16	27
Growth	0.0	0	0	0	0
<b>Total Required</b>	22.4	1542	39	32	133
<b>Total Supplied</b>	23.4	1543	61*	58*	239*
<b>Balance</b>	1.0	1	22	27	105

\* Note that these mineral supplied values are total *absorbable* supplied.

#### Animal Performance

DMI - Actual : 15.0 (kg/day)  
DMI - Predicted : 15.0 (kg/day)

NEI Allowable Milk : 19.2 (kg/day)  
MP Allowable Milk : 18.0 (kg/day)

Milk Production : 18.0 (kg/day)

Days to gain one condition score : > 305

Daily Weight Change due to Reserves : 0.2 (kg/day)

#### Protein Values

RDP Required : 1468 (g/d)  
RDP Supplied : 1646 (g/d)  
RDP Balance : 178 (g/d)

RUP Required : 808 (g/d)  
RUP Supplied : 809 (g/d)  
RUP Balance : 2 (g/d)

MP - Bacterial : 798 (g/d)  
MP - RUP : 674 (g/d)  
MP - Endogenous : 71 (g/d)

CP - Diet : 16.4 (%DM)  
CP - RDP : 11.0 (%DM)  
CP - RUP : 5.4 (%DM)

### **Diet Concentrations**

NDF : 40.7 (%DM)  
Forage NDF : 32.1 (%DM)  
ADF : 23.6 (%DM)  
NFC : 31.0 (%DM)  
Undiscounted TDN : 68 (%DM)  
ME : 2.48 (Mcal/kg DM)  
NEI : 1.56 (Mcal/kg DM)  
NEg : 1.02 (Mcal/kg DM)  
Ca : 0.9 (%DM)  
P : 0.6 (%DM)  
Ether-Extract : 3.8 (%DM)  
DCAD : 162 (mEQ/kg)

### **Target Diet Concentrations**

NEI : 1.50 (Mcal/kg)  
MP : 103 (g/kg)  
  
Ca : 3 (g/kg)  
P : 2 (g/kg)

### **Diet Summary**

<b>Feed Name</b>	<b>kg/day (Dry Matter)</b>	<b>kg/day (As-Fed)</b>	<b>% (Dry Matter)</b>
pasto florencia	0.79	2.00	5.26
Melaza-Dos Pinos	0.38	0.50	2.55
san juani 22 1 2013 luis angel	4.17	19.86	27.86
pecutrin plus	0.11	0.12	0.75
heno arroz j a alfaro abril 2014	0.87	1.00	5.84
Suplemento Alfa	2.34	2.60	15.64
Vap Feed Dos Pinos	6.30	7.16	42.10

## Energy and Protein Supply

Feed Name	DMI (kg/day)	TDN (g/day)	ME (Mcal/day)	NEI (Mcal/day)	NEg (Mcal/day)	CP (g/day)	RUP (g/day)	RDP (g/day)	NDF (kg/day)	MCP (g/day)
pasto florencia	0.8	394	1.3	0.8	0.3	63	13	50	0.5	-
Melaza-Dos Pinos	0.4	327	1.1	0.7	0.5	15	3	12	0.0	-
san juani 22 1 2013 luis angel	4.2	2494	9.1	5.6	3.4	809	132	677	2.5	-
pecutrin plus	0.1	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	-
heno arroz j a alfaro abril 2014	0.9	476	1.6	0.9	0.5	69	13	56	0.6	-
Suplemento Alfa	2.3	1238	4.3	2.6	1.4	437	76	361	1.2	-
Vap Feed Dos Pinos	6.3	5318	19.7	12.8	9.1	1062	572	490	1.3	-
Totals :	15.0	10246	37.1	23.4	15.2	2455	809	1646	6.1	1248

Feed Name	ME (Mcal/kg)	NEI (Mcal/kg)	NEg (Mcal/kg)	Kp (%/hr)
pasto florencia	1.63	0.96	0.42	5.35
Melaza-Dos Pinos	2.99	1.91	1.36	7.14
san juani 22 1 2013 luis angel	2.17	1.34	0.82	5.35
pecutrin plus	0.00	0.00	0.00	7.14
heno arroz j a alfaro abril 2014	1.80	1.08	0.55	5.35
Suplemento Alfa	1.86	1.12	0.59	4.60
Vap Feed Dos Pinos	3.13	2.03	1.44	7.14

Increment over Maintenance : 3.3 X  
 Energy/Protein Discount Factor : 6.3%  
 Undiscounted TDN in Diet : 68.5%  
 Diet RUP Digestibility : 83.2%